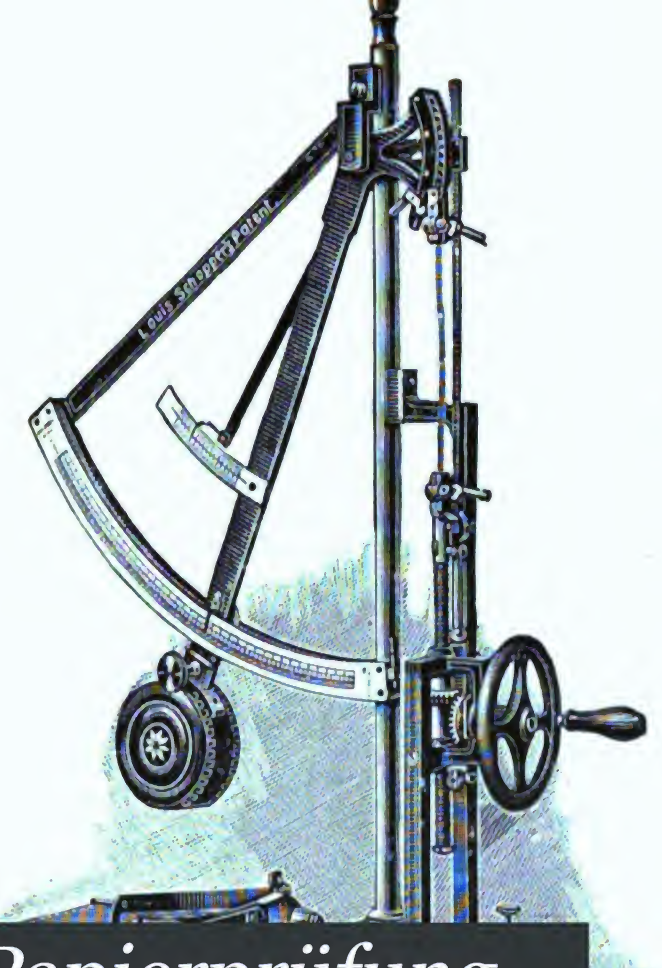
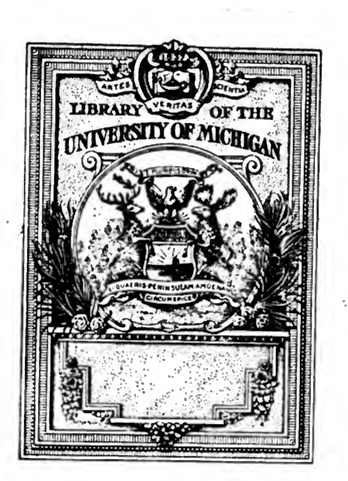


Papierprüfung

Wilhelm Herzberg, Prussia
(Germany). Königliches Materialprüfungsamt




ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



Papierprüfung.

Eine Anleitung zum Untersuchen von Papier.

Von

Wilhelm Herzberg,

Professor, Vorsteher der Abteilung für papier- und textiltechnische Untersuchungen
am Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde.

Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 86 Textfiguren und 17 Tafeln.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1907.

Druck von Oscar Brandstetter, Leipzig.

Vorwort zur ersten Auflage.

Der stetig wachsende Papierverbrauch, eine natürliche Folge der fortschreitenden Zivilisation, führte bald zu der Erkenntnis, daß das Rohmaterial, aus welchem unsere Vorfahren allein ihr Papier herstellten, die Lumpen, sich nicht in dem Maße vermehrte, um dem gesteigerten Papierbedarf zu genügen. Bei dem Forschen nach Lumpenersatzstoffen erkannte man bald, daß Holz und Stroh in unserem Vaterlande die einzigen Materialien seien, die mit Vorteil in der Papierfabrikation in großem Maßstabe Verwendung finden können, weil nur sie in sehr großen Mengen vorhanden sind und auf verhältnismäßig leichte und billige Weise zu Papier verarbeitet werden können.

Erklärlicherweise stellten sich Papiere mit diesen Ersatzstoffen versetzt, oder gar ganz aus ihnen bereitet, billiger als Lumpenpapiere, wurden deshalb auch mehr verlangt bald in großen Massen hergestellt. Und da der Fortschritt in der Technik gute Herstellungsweise immer mehr gestattete, so wurde gerade auf diese viel verlangten Papiere besondere Aufmerksamkeit verwendet, indem man eifrig bestrebt war, ihnen schöne Gleichmäßigkeit und hohe Glätte zu geben. Sie gewannen demgemäß den Lumpenpapieren gegenüber ein bestechendes Aussehen, und allmählich gewöhnte sich das kaufende Publikum daran, alle Papiere nach diesem Aussehen abzuschätzen. Daher legte man auch in Fabrikantenkreisen immer mehr Wert auf die äußere Erscheinung; man bleichte kräftig, um sehr weißes Papier zu erzielen; man satinierte stark, um ein recht glattes Papier zu erhalten; man zerkleinerte die Rohstoffe im Holländer bis zur äußersten Feinheit, um eine schöne und gleichmäßige Durchsicht beim Papier zu erzielen, — kurz, man tat alles, um der Neigung des Käufers entgegenzukommen und ertötete sehr bald nicht bloß bei diesem, sondern auch teilweise in den fabrizierenden Kreisen das Gefühl für die wahre Güte des Papiers.

Anderes kam hinzu. Da man angefangen hatte, Papiere nach Gewicht zu verkaufen, so setzte man den Faserstoffen sog. Füllstoffe zu, welche die Schwere des Papiers erhöhen, seine Festigkeit aber bedeutend beeinträchtigen. So war man durch den Aufschwung der Technik und infolge der gesteigerten Nachfrage mit dem daraus erwachsenden großen Angebot allmählich dahin gelangt, dem Grundsatze „billig und schlecht“ zu huldigen, und die bösen Folgen dieses Grundsatzes stellten sich nur zu bald ein.

Das Aktenmaterial der Behörden, um hier nur von diesem zu sprechen, geriet mehr und mehr in einen kläglichen Zustand, welcher das Schlimmste befürchten ließ; es sind in der amtlichen Prüfungsanstalt im Laufe des Jahres 1884 Papiere untersucht worden, die zum größten Teil aus Holzschliff mit einem Füllstoffgehalt bis zu 20% hergestellt waren, bei deren Anblick man sich fragen mußte, wie es überhaupt möglich war, auf einem solchen Machwerk Notizen von dauerndem Wert niederzuschreiben.

Wie diese Verhältnisse den Staat dazu drängten, sich ernstlich mit der Papierprüfungsfrage zu befassen, und wie aus dem zu diesem Zweck gepflogenen Verhandlungen am 1. Mai 1884 die „Abteilung für Papierprüfung“ an der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg entstand, dürfte zur Genüge bekannt sein.

Die Vorschriften nun, welche die preußische Regierung bezüglich des Papierverbrauches erlassen hat und welche am Schluß dieses Werkchens zu finden sind, drängen sowohl den Fabrikanten als auch den Händler immer mehr dazu, sich mit den Methoden der Papierprüfung möglichst vertraut zu machen, um im Notfall selbst eine Untersuchung vornehmen zu können. Denn nicht immer wird Zeit genug vorhanden sein, das Urteil eines Sachverständigen einzuholen, und deshalb werden alle Papierinteressenten, welche mit Behörden in Geschäftsverbindung stehen, schon von selbst dazu gedrängt, sich dem Studium der Papierprüfung zu widmen, soweit es eben angeht.

Es liegt selbstverständlich lediglich im Interesse des Prüfenden, sich bei seinen Arbeiten so eng wie möglich an die Arbeitsweise der amtlichen Anstalt anzuschließen, dieselben Apparate zu gebrauchen und dieselben Methoden innezuhalten; nur so darf er hoffen, übereinstimmende Resultate zu erzielen.

Der jüngeren Generation ist durch die auf Veranlassung des Vorstehers eingerichteten Volontärstellen Gelegenheit geboten, sich mit dem Prüfungsgange der Anstalt hinreichend vertraut zu machen; denjenigen aber, die nicht mehr Gelegenheit haben, von dieser Einrichtung Gebrauch zu machen, soll dieses Buch einen Anhalt bei ihren Prüfungen gewähren; es wird ihnen die Methoden genau in derselben Weise schildern, wie sie in der Anstalt angewendet werden. Es ist hierbei manches Veraltete, das allenfalls noch historisches Interesse hat, fortgefallen und nur das Material zusammengestellt, auf dem die heutige Papierprüfung beruht.

Charlottenburg, Januar 1888.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage der „Papierprüfung“ ist an vielen Stellen für die Vervollkommnung und Ausgestaltung der Versuchsverfahren mit Erfolg gearbeitet worden. Die Fachpresse hat über die jeweiligen Fortschritte berichtet, in der vorliegenden zweiten Auflage sollen sie den Fachkreisen im Zusammenhang unterbreitet werden. Bei der Bearbeitung handelte es sich nicht um eine bloße Ergänzung der einzelnen Abschnitte der ersten Auflage; die meisten Abschnitte mußten vielmehr gänzlich umgearbeitet, neue hinzugefügt werden. Wenn hierbei der eine oder der andere der im Laufe der Jahre gemachten Vorschläge nicht berücksichtigt worden ist, so geschah es im Interesse der Sache, denn nicht immer war das Vorgeschlagene besser als das Vorhandene.

Das Interesse für die Papierprüfung und die Erkenntnis ihrer Bedeutung für die Industrie ist in den beteiligten Kreisen von Jahr zu Jahr gewachsen. Unmittelbar nach dem Erscheinen der ersten Auflage des vorliegenden Werkes wurde diese ins Englische, Französische und Italienische übersetzt, ein Beweis, daß auch das Ausland die Bedeutung dieses Sondergebietes der Materialprüfung anerkannte und seine Entwicklung auf der von Hartig und Hoyer geschaffenen Grundlage mit Interesse verfolgte.

Die Einrichtung verschiedener Papierprüfungsstellen im In- und Auslande ist ein weiteres Zeugnis für das Bestreben, das auf diesem Gebiete Geschaffene für die beteiligten Kreise nutzbringend zu gestalten.

Über den Wert der Papierprüfung hat sich der Verein Deutscher Papierfabrikanten im Jahre 1900 in einem an das preußische Kultusministerium gerichteten Schreiben wie folgt geäußert.

> „Die Deutsche Papier-Industrie hat seit Errichtung der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg den Arbeiten derselben das lebhafteste Interesse entgegengebracht. War es ihr auch im Anfang nicht immer bequem, in der zu gleicher Zeit geschaffenen Abteilung für

Papierprüfung einen strengen Richter über sich zu haben, so hat sie doch nie mit dem Bekenntnis zurückgehalten, daß sie in dieser Papierprüfung einen mächtigen Faktor für die Förderung ihrer Bedeutung, ihres Wohles und ihres Ruhmes gegenüber dem Auslande sieht."

Diese Anerkennung wird alle diejenigen mit Genugtuung erfüllen, die sich um die Begründung und Entwicklung der Abteilung verdient gemacht haben, in erster Linie die Herren Geheimer Regierungsrat Carl Hofmann und Geheimer Regierungsrat Professor A. Martens.

Meinen Kollegen, G. Dalén und Dr. Wisbar, spreche ich auch an dieser Stelle meinen Dank für die Unterstützung aus, die sie mir bei Herausgabe der neuen Auflage bereitwilligst haben zuteil werden lassen.

Charlottenburg, Juli 1902.

Der Verfasser.

Vorwort zur dritten Auflage.

In der dritten Auflage haben fast alle Kapitel eine wesentliche Ergänzung gemäß den Fortschritten auf dem Gebiete der Papierprüfung erfahren; eine Reihe von Abschnitten ist, wie schon ein kurzer Blick auf das Inhaltsverzeichnis ergibt, ganz neu hinzugekommen.

Wie bei der Bearbeitung der zweiten Auflage, so konnte auch bei der Herausgabe der vorliegenden nicht alles Berücksichtigung finden, was in der Fachpresse an neuen Prüfungsverfahren von verschiedenen Seiten im Laufe der Jahre vorgeschlagen worden ist, weil die Vorschläge nicht immer einen Fortschritt in der Prüfungstechnik bedeuteten. Wer mit neuen Vorschlägen für die Ausführung von Prüfungen, für Prüfungsapparate usw. an die Öffentlichkeit tritt, sollte zunächst stets erwägen, ob das Neue eine Vereinfachung oder Verbesserung des Vorhandenen darstellt, denn nur dann kann er auf Anerkennung der beteiligten Kreise rechnen. Diese Selbstkritik lassen manche der gemachten Vorschläge vermissen.

Die Erkenntnis von der Bedeutung der Papiernormalien und der Papierprüfung ist in den letzten Jahren unaufhaltsam weitergedrungen. Dem Beispiele Preußens sind jetzt auch Württemberg und Hessen durch Erlaß von Normalien für Behördenpapiere gefolgt, die sich ganz eng an die preußischen anlehnen.

Die Prüfungsverfahren für die Rohstoffe und Erzeugnisse der Papierindustrie finden immer mehr Anerkennung; man erkennt in ihnen von Jahr zu Jahr mehr einen wichtigen Faktor in dem Wettbewerb auf dem Weltmarkt, und da die Kenntnis der Prüfungsverfahren in der deutschen Papierindustrie weiter verbreitet ist als in der irgend eines anderen Landes, so hat sie die Möglichkeit, Vorteile hieraus zu ziehen. Möge sie diesen Vorsprung nach besten Kräften ausnützen.

Groß-Lichterfelde-West, Oktober 1907.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Festigkeitseigenschaften.

Festigkeit und Dehnung.

Die absolute Festigkeit eines Papiers wird bei seiner Benutzung als Schriftstück, Drucksache o. a. nur zum kleinen Teil in Anspruch genommen. Trotzdem wird man von einem Papier, das lange aufbewahrt und viel benutzt werden soll, aus zwei Gründen eine nicht zu geringe Festigkeit verlangen müssen. Einmal zeigt jeder organische Körper im Laufe der Zeit eine Abnahme seiner Festigkeit, und ferner gewährleisten hohe Festigkeitseigenschaften sorgfältige Herstellung des Papiers und Verwendung guter Rohstoffe.

Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet wird man die Forderung hoher Festigkeitswerte für Papiere, die wichtigen Zwecken dienen sollen, als gerechtfertigt anerkennen und den oft erhobenen Einwand fallen lassen müssen, „Papier sei kein Strick“ und brauche daher nicht besonders fest zu sein.

Die Lebensdauer eines Papiers hängt von dem Widerstand ab, den es mechanischen und chemisch-physikalischen Einwirkungen entgegenzusetzen vermag. Ersteren (Biegen, Falzen, Kniffen, Rollen usw.) wird es in um so höherem Maße widerstehen, je fester und elastischer es ist, und letzteren (Einfluß von Luft, Licht, Wärme, Feuchtigkeit usw.) um so mehr je besser und ausdauerfähiger das verarbeitete Rohmaterial ist. Unter sonst gleichen Verhältnissen wird also dasjenige Papier das höchste Lebensalter erwarten lassen, das die besten Festigkeitseigenschaften aufweist.

Die Festigkeit eines Papiers, d. h. der Widerstand, den es dem Zerreißen entgegensetzt, gibt nun an sich noch kein Mittel an die Hand, die Güte des Papiers ohne weiteres zu beurteilen, da sie abhängt von der Dicke des Papiers und der Breite des Probestreifens; mit zunehmender Dicke des Papiers oder Breite des Probestreifens wächst auch die Kraft, die zum Zerreißen erforderlich ist; wir erhalten somit schwankende Werte, die uns kein klares Bild von der Festigkeit des Papiers geben. Wir werden jedoch später sehen, wie die mit Hilfe von Zerreißmaschinen ermittelten Festig-

keitswerte unabhängig von diesen beiden Einflüssen zur Beurteilung der Güte von Papier herangezogen werden.

Die Festigkeit eines Papiers ist nicht nach allen Richtungen gleich groß. Maschinenpapier hat in der Richtung des Maschinenlaufes seine größte, in der Richtung senkrecht hierzu seine geringste Festigkeit. Dieser Unterschied findet seine Erklärung in der überwiegenden Lagerung der Fasern in der Richtung des Maschinenlaufes und in der Beeinflussung der Festigkeitswerte durch die Arbeit auf der Papiermaschine. Das Verhältnis der kleinsten Festigkeit zur größten schwankt zwar, hält sich aber meist zwischen den Grenzen 60 : 100 bis 75 : 100; jedoch kommen auch Fälle vor, in denen die Festigkeitswerte in der Längs- und Querrichtung wesentlich mehr, und andere, in denen sie wesentlich weniger voneinander abweichen, wie nachfolgende Zusammenstellung an einigen Beispielen zeigt.

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge[1]		Verhältnis der Querrichtung zur Längsrichtung	Bruchdehnung		Verhältnis der Querrichtung zur Längsrichtung
		Querrichtung km	Längsrichtung km		Querrichtung %	Längsrichtung %	
1	Schreibpapier	1,57	4,73	33 : 100	1,7	1,5	113 : 100
2	"	2,21	5,46	39 : 100	2,4	1,9	126 : 100
3	Packpapier	3,76	9,76	39 : 100	4,6	2,1	219 : 100
4	"	4,25	9,06	47 : 100	6,7	2,8	239 : 100
5	Konzeptpapier	3,57	7,01	51 : 100	4,1	1,4	293 : 100
6	Schreibpapier	4,06	4,79	85 : 100	4,5	3,3	136 : 100
7	"	4,22	4,80	88 : 100	3,2	2,0	160 : 100
8	Urkundenpapier	6,05	6,76	90 : 100	6,4	4,9	131 : 100
9	Schreibpapier	4,22	4,69	90 : 100	3,0	2,0	150 : 100
10	Kanzleipapier	4,05	4,44	91 : 100	4,6	3,2	156 : 100
11	Schreibpapier	4,37	4,60	95 : 100	6,3	3,3	191 : 100
12	"	4,11	4,17	99 : 100	4,1	2,4	171 : 100

Ebenso wie die Festigkeit ist auch die Dehnung des Papiers in den beiden Hauptrichtungen verschieden groß; das Verhältnis ist aber hier umgekehrt; die Maschinenrichtung hat die kleinste, die Querrichtung die größte Dehnung.

Auch bei geschöpftem Papier (Handpapier) treten, wenn auch nicht in dem Maße wie beim Maschinenpapier, Verschiedenheiten in der Festigkeit und Dehnung in verschiedenen Richtungen auf.[2]) Da

[1]) Vgl. S. 33.

[2]) Hoyer hat schon in seinem 1882 erschienenen Werk „Das Papier" hierauf hingewiesen.

die Ansicht, daß beim Handpapier Festigkeit und Dehnung nach allen Richtungen gleich groß sind, immer noch ziemlich verbreitet ist, so mag nachfolgend eine Zusammenstellung einiger bei der Prüfung von geschöpften Papieren gewonnenen Ergebnisse folgen.

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge		Verhältnis der schwachen Richtung zur starken	Bruchdehnung		Verhältnis der schwachen Richtung zur starken
		Schwache Richtung km	Starke Richtung km		Schwache Richtung %	Starke Richtung %	
1	Urkunden-papier (hand-geschöpft)	3,68	4,93	74 : 100	4,6	3,8	121 : 100
2		3,81	4,97	77 : 100	4,2	3,5	120 : 100
3		4,20	5,30	79 : 100	4,4	3,9	113 : 100
4		4,28	5,45	79 : 100	5,9	4,7	125 : 100
5		3,89	4,64	84 : 100	4,4	4,2	(105 : 100)
6		3,26	3,63	(90 : 100)[1]	4,3	3,4	126 : 100
7	Aktendeckel (hand-geschöpft)	2,82	4,12	68 : 100	4,6	4,2	(110 : 100)
8		2,62	3,84	70 : 100	4,0	3,7	(108 : 100)
9		2,16	2,98	72 : 100	4,8	4,1	117 : 100
10		2,61	3,53	74 : 100	3,9	3,4	114 : 100
11		2,74	3,04	(90 : 100)	3,7	3,6	(101 : 100)
12		2,56	2,84	(90 : 100)	4,0	3,0	133 : 100

Bei der Bestimmung der Festigkeitswerte einer Papiersorte wird Maschinenrichtung und Querrichtung gesondert geprüft und aus den erhaltenen Werten das Mittel gebildet. Dieses ist für die Einreihung des Papiers in eine der sechs Festigkeitsklassen [2]) maßgebend.

Da die Maschinenpapiere im allgemeinen parallel und senkrecht zur Maschinenrichtung geschnitten werden, so entnimmt man die Probestreifen in der später zu besprechenden Anzahl und Art zunächst parallel zu einer beliebigen Kante des Bogens und darauf parallel zu der hierauf senkrecht stehenden. Welches dann die Längsrichtung und welches die Querrichtung ist, ergibt sich aus den ermittelten Werten ohne weiteres.

Beim Handpapier verfährt man in derselben Weise.

Hat man Veranlassung, die Maschinenrichtung vorher zu be-

[1]) Da die Ungleichmäßigkeiten des Papierblattes an sich Abweichungen in den Werten für Reißlänge und Bruchdehnung bedingen, so sind die Fälle, in denen der Unterschied zwischen den beiden Richtungen 10% und weniger beträgt, in Klammer gesetzt, weil Unterschiede, die kleiner als 10% sind, sehr wohl Zufall sein können.

[2]) Siehe Anhang. Bestimmungen über das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier.

stimmen, entweder weil man nur diese prüfen will, oder weil die beiden Richtungen nicht mit Sicherheit zu erkennen sind, so verfährt man in folgender Weise.

Man schneidet aus dem in Frage kommenden Material ein kreisförmiges Stück von ungefähr 10 cm Durchmesser heraus und läßt dies wenige Sekunden auf Wasser schwimmen; nimmt man es dann heraus und legt es vorsichtig auf die flache Hand, wobei man zu verhindern hat, daß es sich fest an die Handfläche schmiegt, so krümmen sich die Ränder nach oben (Fig. 1 x) und zwar schließlich so stark, daß sie übereinandergreifen, wie es Fig. 1 y darstellt.

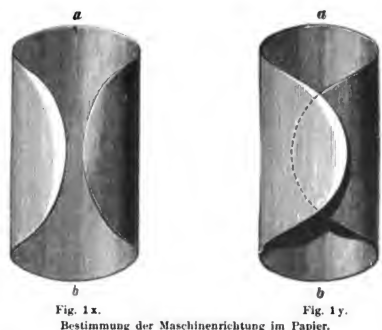


Fig. 1 x. Fig. 1 y.
Bestimmung der Maschinenrichtung im Papier.

Der nicht gekrümmte Durchmesser *a b* liegt in der Maschinenrichtung.

Hat man den Versuch mit ungeleimtem oder schwach geleimtem Papier vorzunehmen, so ist dies zunächst gegen das Durchdringen von Wasser zu schützen; man löst zu diesem Zweck entweder Harz in Alkohol oder tierischen Leim in Wasser, zieht das zu prüfende Papier durch eine dieser Lösungen und läßt es trocknen. Das Papier hat nunmehr seine Saugfähigkeit verloren und kann ohne Schwierigkeit dem angeführten Versuch unterworfen werden. Zur Erklärung des Krümmens diene folgendes.

Die untere Seite des Papiers saugt, während sie mit dem Wasser in Berührung ist, Feuchtigkeit auf, und die Fasern quellen; nun legen sich die Fasern, wie schon erwähnt, auf dem Siebe vorzugsweise parallel zur Richtung des Maschinenlaufes, und da die einzelne Faser quer zu ihrer Längsachse die größte Quellungsfähigkeit besitzt, so wird das Bestreben der unteren Faserschicht,

sich auszudehnen, quer zur Maschinenrichtung mehr zum Ausdruck kommen als in der Längsrichtung; dies dürfte die Ursache des Aufrollens der Ränder sein.

Die vorzugsweise Lagerung der Fasern in der Richtung des Maschinenlaufes ist übrigens bei vielen Papieren mit bloßem Auge zu erkennen, wenn man den Bogen schräg gegen das Licht hält; ein geübter Beobachter kann oft schon auf diese Weise erkennen, wie das Papier auf der Maschine gelaufen ist.

Ein noch einfacheres Verfahren zur Bestimmung der Maschinenrichtung ist von Nickel vorgeschlagen worden und besteht darin, daß man zwei Papierstreifen von gleichen Abmessungen aus den beiden Hauptrichtungen so aufeinanderlegt, daß sie sich decken. Faßt man sie dann an dem einen Ende mit Daumen und Zeigefinger und läßt

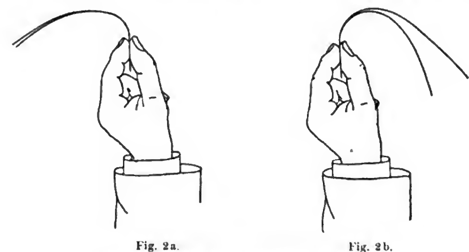


Fig. 2a. Fig. 2b.
Bestimmung der Maschinenrichtung im Papier.

das andere Ende frei herunterhängen, so werden die Streifen entweder aufeinanderliegen (Fig. 2a) oder auseinanderklaffen (Fig. 2b). Im ersten Fall ist der untere, im zweiten der obere Streifen der aus der Maschinenrichtung.

Die Erklärung dieses Verhaltens dürfte auch hier durch die Lagerung der Fasern gegeben sein; bei dem aus der Maschinenrichtung herrührenden Streifen liegen mehr Fasern mit ihrer Längsachse parallel zum Streifen als bei dem Streifen aus der Querrichtung; die Folge davon ist, daß sich ersterer beim Überhängen weniger durchbiegt als letzterer.

Die Frage der bequemen Bestimmung der Maschinenrichtung kann außer in den oben erwähnten Fällen noch verschiedentlich von praktischer Bedeutung sein. Beim Kniffen von Aktendeckeln, Kartons usw. ist es nicht gleichgültig, ob der Kniff in der Maschinenrichtung oder Querrichtung liegt; bei der Herstellung von Büchern, besonders von großen und dicken Geschäftsbüchern, ist es von

Wert zu wissen, ob alle Lagen in gleicher Weise gefalzt sind, weil sich sonst infolge verschiedener Dehnung unscharfe Ränder zeigen. Diesen Umständen hat man, wie es scheint, bisher nicht die nötige Beachtung geschenkt.

Nachdem man so auf die eine oder andere Weise die beiden Hauptrichtungen im Papier, nach welchen die Entnahme der Probestreifen zu erfolgen hat, bestimmt hat, fragt es sich, wie lang und wie breit diese zu wählen sind.

Martens[1]) hat sich mit dieser Frage eingehend beschäftigt und nachgewiesen, daß die Breite des Probestreifens auf das Ergebnis für Reißlänge und Buchdehnung keinen Einfluß ausübt; die Bequemlichkeit und Sicherheit des Arbeitens indessen sowie der mit zunehmender Breite wachsende Widerstand gegen Zerreißen legt bei der Wahl der Abmessungen der Streifen einige Beschränkung auf. Die Breite von 15 mm hat sich als sehr praktisch erwiesen und sie wird im Materialprüfungsamt und sonst wohl auch an allen Papierprüfungsstellen ausschließlich angewendet, wenn nicht etwa das zu prüfende Material, wie es beispielsweise bei den in der Telegraphie benutzten Papierstreifen der Fall ist, schon an und für sich schmäler ist als 15 mm.

In der Praxis wird man auch in den Fällen schmälere Streifen verwenden müssen, in denen die gewöhnlichen Festigkeitsprüfer zum Zerreißen eines 15 mm breiten Streifens nicht ausreichen, wie es z. B. beim Prüfen von Quittungskarten-Kartons, Preßspänen, Aktendeckeln, Pappen usw. vorkommen kann.

Bedenken hiergegen liegen nicht vor, da man auch bei Verwendung schmälerer Streifen zuverlässige Werte erhält, wie nachstehend an einem Beispiel gezeigt werden soll.

Von einem Packpapier mit sehr stark wolkiger Durchsicht wurden Streifen von 50, 15 und 5 mm Breite zerrissen und zwar je 5 von jeder Breite und Richtung.

Ergebnisse der Prüfung eines Packpapiers bei verschieden breiten Versuchsstreifen.

Streifenbreite	Längsrichtung			Querrichtung			Mittel	
	Dehnung %	Bruchlast kg	Reißlänge m	Dehnung %	Bruchlast kg	Reißlänge m	Dehnung %	Reißlänge m
50 mm	1,6	51,85	7400	6,8	29,68	3750	**4,2**	**5575**
15 „	1,8	16,07	7750	6,0	8,48	3650	**3,9**	**5700**
5 „	1,7	5,35	7600	5,8	2,65	3350	**3,8**	**5575**

[1]) Mitteilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten. 1885 S. 3, 47 und 103.

Vergleicht man die Mittelwerte, welche bei den drei verschiedenen Streifenbreiten gewonnen wurden, so ist ohne weiteres ersichtlich, daß im Hinblick auf die große Ungleichmäßigkeit des Papiers wesentliche Unterschiede nicht vorhanden sind.

Bei der Länge der Probestreifen liegen die Verhältnisse, soweit es sich um die Dehnung ausgedrückt in Prozenten der ursprünglichen Länge handelt, anders; die Dehnungsprozente sind nahezu dieselben bei Streifenlängen von 180 mm an aufwärts; mit abnehmender Länge aber wächst die Dehnung. Deshalb ist aus praktischen Gründen die Länge von 180 mm als Normallänge angenommen worden; dies geschah namentlich auch deshalb, weil diese Länge in beiden Richtungen aus dem einmal geknifften Bogen des Reichsformates (33 × 42 cm) bequem entnommen werden kann, und in diesem Zustand dürften wohl die meisten Papiere zur Untersuchung gelangen. Es kann im Interesse der Einheitlichkeit und der Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse nur geraten werden, diese Länge allgemein zugrunde zu legen. Soweit bekannt geworden ist, ist dies auch an allen Stellen, welche sich in größerem Maßstabe mit Papieruntersuchungen befassen, geschehen.

Stehen von dem zu prüfenden Material nur kleine Bogen zur Verfügung, aus denen die Normalstreifen nicht entnommen werden können, so darf man nicht außer acht lassen, daß die Dehnungsprozente etwas höher ausfallen als bei Verwendung eines Streifens von 180 mm Länge; auf die Festigkeit ist die geringere Länge der Probestreifen ohne Einfluß, wenn nicht gar zu kurze Streifen angewendet werden, die schwer gerade einzuspannen sind.

Das Ergebnis der Prüfung wird im allgemeinen um so wertvoller sein, je mehr Streifen beim Versuch Verwendung gefunden haben; nimmt man fünf Streifen aus jeder Richtung, so kann man sicher sein, gute Durchschnittswerte zu erhalten, wenn man bei der Probeentnahme zweckmäßig zu Werke geht.

Bei Prüfung eines größeren Postens Papier tut man gut, aus fünf verschiedenen Paketen je einen Bogen zu entnehmen und dann aus jedem Bogen je einen Längs- und Querstreifen.

Steht nur wenig Material zur Verfügung, so verfolge man doch immer den Grundsatz, die Streifen an verschiedenen Stellen zu entnehmen und unmittelbar nebeneinander nur dann, wenn es anders nicht möglich ist.

Die Entnahme der Streifen geschieht bei den Prüfungen im Amt in folgender Weise. Von den zehn meist in einmal geknifftem Zustand eingeschickten Probebogen werden zunächst fünf für die Festigkeitsprüfung ausgewählt, welche äußerlich keine fehlerhaften Stellen zeigen. Aus jedem dieser fünf Bogen wird je ein Streifen

aus der Längs- und Querrichtung entnommen, wie es Fig. 3 veranschaulicht. Der Vorteil dieser Art der Probeentnahme liegt, abgesehen davon, daß sie ein gutes Durchschnittsmaterial liefert, noch in folgenden.

Streifen №1
Streifen №2

Fig. 3.
Entnahme der Probestreifen.

Zerreißt beim Versuch ein Streifen an der Einspannstelle, oder ist er von von vornherein infolge eines erkennbaren Fehlers zu verwerfen, oder liefert ein Streifen Werte, die von denen der anderen in auffälliger Weise abweichen, so daß ein Irrtum vermutet werden kann, so kann man unmittelbar neben dem ersten Streifen immer noch einige Ersatzstreifen zur weiteren Prüfung und Klarstellung entnehmen.

Auf das Schneiden der Streifen ist große Sorgfalt zu verwenden, da die geringste Beschädigung, namentlich an den Rändern, den Versuch ungünstig beeinflussen kann. Hat man nur hin und wieder Festigkeitsversuche vorzunehmen, so wird man davon absehen können, sich eine besondere Schneidevorrichtung zu beschaffen, wenn nicht dem Festigkeitsapparat, wie es jetzt vielfach geschieht, schon eine solche beigegeben ist. In Ermanglung einer besonderen Vorrichtung schneidet man mit Hilfe eines eisernen Lineals und eines scharfen Messers, wobei man auf eine möglichst parallele Führung des letzteren bedacht sein muß. Als Unterlage bedient man sich zweckmäßig eines Zinkbleches oder einer Glasplatte, weil weichere Materialien, wie Holz, Pappe usw., beim Schneiden Eindrücken des Papiers in die Unterlage zulassen und die Ränder des Streifens auf diese Weise nach unten umgebogen werden. Hat man indessen täglich Festigkeitsprüfungen vorzunehmen, so ist diese Art der Probeentnahme umständlich und zeitraubend, und man wird sich dann zweckmäßig eine Vorrichtung beschaffen, die schneller arbeitet.[1]) — Fig. 4 zeigt eine der im Amt in Gebrauch befindlichen Scheren zum Schneiden der Streifen.

[1]) Solche Schneidevorrichtungen, sowie alle übrigen Apparate, Instrumente, Fasern, Lösungen usw. für die Zwecke der Papierprüfung können von der Firma **Louis Schopper** in Leipzig, Arndtstr. 27, bezogen werden.

An der Holzplatte P ist ein Messer S_2 fest angeschraubt, während ein zweites S_1, welches in Verbindung mit S_2 den Schnitt des Papiers bewirkt, mit Hilfe des Handgriffes H auf und nieder geführt werden kann. Eine Holzleiste Lst ist so angebracht, daß sie parallel der Schneide S_2 liegt und von dieser in einem Abstand von 15 mm festgestellt werden kann. Unter der Leiste Lst befindet sich ein Kasten K, in welchen die abgeschnittenen Streifen fallen. Auf dem Brett P ist noch eine scharf gezeichnete Linie L angebracht, die senkrecht zu S_2 verläuft. Sie dient als Anlegezeichen, um zunächst den ersten Schnitt genau senkrecht zu einer Bogenkante zu führen; die Streifen werden dann beim Anlegen der ersten Schnittkante gegen die Leiste Lst ohne weiteres parallel und von 15 mm Breite geschnitten. Die in den Handel gebrachten Schneidevorrichtungen mit doppeltem Messer haben sich nicht bewährt, weil beim Schneiden in den meisten Fällen eins der Messer versagt.

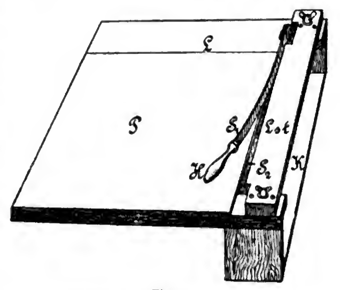


Fig. 4.
Vorrichtung zum Schneiden der Streifen.

Bevor man die Streifen in Gebrauch nimmt, überzeugt man sich, ob ihre Ränder glatt sind und parallel verlaufen; das sieht man am besten, wenn man die beiden Enden jedes Streifens aufeinanderlegt, die zwei Hälften müssen sich dann decken.

Beim Zerreißen der Streifen ist auf die Feuchtigkeit der Luft im Versuchsraum besonders zu achten, da sie auf die Festigkeits- und Dehnungswerte von großem Einfluß ist.

Der Einfluß wechselnder Zimmerwärme auf die Festigkeitseigenschaften von Papier ist noch nicht planmäßig untersucht worden, aber so viel hat die Erfahrung gezeigt, daß er innerhalb der Grenzen, mit denen wir rechnen müssen, also etwa von 15 bis 25^0 C, keine praktische Bedeutung hat und daher bei Prüfungen gewöhnlicher Art vernachlässigt werden kann.

Daß höhere Temperaturen nachteilig auf die Festigkeitseigenschaften von Papier einwirken, ist allgemein bekannt; ich verweise hier nur auf die wohl vielseitig beobachtete Erscheinung, daß Lampenschirme aus Papier bei längerem Gebrauch, namentlich in

ihrem oberen dem Zylinder naheliegenden Teil, bald sehr brüchig und spröde werden.

Im nachfolgenden sind die bei der Prüfung von 4 verschiedenen Papieren, welche längere Zeit (teils 622 Stunden, teils 862 Stunden) der Einwirkung einer Temperatur von etwa 98° C ausgesetzt waren, ermittelten Versuchsergebnisse wiedergegeben.[1]) Die Stoffzusammensetzung, Art der Leimung und die Menge der Füllstoffe der untersuchten Papiere sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich. Die Versuchsausführung war folgende. Von jedem Papier wurde aus beiden Richtungen eine Anzahl Versuchsstreifen entnommen, ein Teil sofort geprüft (je 5 Streifen jeder Richtung) und die übrigen in einem Trockenapparat täglich 6 Stunden auf etwa 98° C erhitzt. Von Zeit zu Zeit wurden dann wieder Streifen entnommen, 1—2 Stunden in einem Raum von 65 % Luftfeuchtigkeit ausgelegt und dann geprüft. Die hierbei ermittelten Ergebnisse sind nachstehend zusammengestellt.

Einfluß des Trocknens bei 98° C auf die Festigkeitseigenschaften von Papier.

Zustand	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittel				Feuchtigkeit des Papiers
	Reißlänge km	Dehnung %	Reißlänge km	Dehnung %	Reißlänge km	Verhältniszahl	Dehnung %	Verhältniszahl	%
I. Tierisch geleimtes Urkundenpapier aus dem Jahre 1839. (Stoff: Leinen, Zusatz Baumwolle; Asche 4,0 %.)									
Vor dem Trocknen . .	3,84	4,2	2,57	4,2	3,21	100,00	4,2	100,00	6,5
12 Stunden getrocknet	3,54	4,0	2,56	4,3	3,05	95,01	4,2	100,00	6,1
24 „ „	3,69	3,7	2,69	4,6	3,19	99,37	4,2	100,00	6,5
48 „ „	4,01	3,7	2,63	4,1	3,32	103,42	3,9	92,85	5,2
96 „ „	3,73	3,7	2,56	4,1	3,15	98,13	3,9	92,85	6,1
142 „ „	3,97	3,4	2,56	3,8	3,27	101,86	3,6	85,71	5,6
262 „ „	3,41	3,3	2,39	3,4	2,90	90,34	3,4	80,95	4,9
382 „ „	2,51	1,4	2,47	3,2	2,49	77,57	2,3	54,76	4,5
502 „ „	2,69	1,8	1,59	1,5	2,14	66,66	1,7	40,47	4,5
622 „ „	2,06	1,0	1,59	1,3	1,83	57,00	1,2	28,57	4,2
862 „ „	1,79	0,7	1,36	0,8	1,58	49,22	0,8	19,04	4.0

[1]) Vgl. auch die von Lenz in der Papier-Zeitung 1895 Nr. 54 bis 55 mitgeteilte Beobachtung: „Einfluß von Temperatur und trockener Erwärmung auf Festigkeit und Dehnung von Papier."

Zustand	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittel				Feuchtigkeit des Papiers
	Reißlänge km	Dehnung %	Reißlänge km	Dehnung %	Reißlänge km	Verhältniszahl	Dehnung %	Verhältniszahl	%
II. Harzgeleimtes Kanzleipapier. (Stoff: Leinen, Baumwolle, Holzzellstoff; Asche 10,3 %.)									
Vor dem Trocknen . .	5,20	2,5	3,92	5,2	4,56	100,00	3,9	100,00	6,1
12 Stunden getrocknet	5,00	2,2	3,77	4,8	4,39	96,27	3,3	84,61	5,8
24 „ „	4,96	2,1	3,52	4,3	4,11	90,13	3,2	82,05	6,2
48 „ „	4,75	1,9	3,57	3,5	4,16	91,22	2,7	69,23	5,1
96 „ „	4,15	1,6	3,29	3,3	3,72	81,57	2,5	64,10	5,8
142 „ „	4,13	1,3	3,26	2,2	3,70	81,14	1,8	46,15	5,2
262 „ „	3,39	1,0	2,64	1,5	3,02	66,22	1,3	33,33	4,7
382 „ „	3,17	0,8	2,39	1,2	2,78	60,96	1,0	25,64	4,5
502 „ „	2,60	0,7	2,05	0,9	2,33	51,09	0,8	20,51	4,3
622 „ „	2,41	0,6	1,99	0,7	2,20	48,24	0,7	17,94	3,8
862 „ „	2,03	0,3	1,73	0,5	1,88	41,22	0,4	10,25	3,3
III. Harzgeleimtes Konzeptpapier. (Stoff: Holzzellstoff; Asche 3,3 %.)									
Vor dem Trocknen . .	7,24	1,6	4,50	5,1	5,87	100,00	3,4	100,00	6,9
12 Stunden getrocknet	7,26	1,4	4,01	4,1	5,64	96,08	2,8	82,35	7,0
24 „ „	6,81	1,5	3,78	3,3	5,30	90,28	2,4	70,58	6,9
48 „ „	6,23	1,3	3,26	3,0	4,76	81,09	2,2	64,70	6,8
96 „ „	5,82	1,1	2,99	1,7	4,41	75,12	1,4	41,17	5,6
142 „ „	4,50	0,9	3,00	1,5	3,75	63,71	1,2	35,29	5,2
262 „ „	4,11	0,6	2,38	0,9	3,25	55,36	0,8	23,52	6,7
382 „ „	3,92	0,5	2,88	0,7	3,40	57,92	0,6	17,64	5,0
502 „ „	3,42	0,5	2,05	0,6	2,74	46,67	0,6	17,64	6,2
622 „ „	3,38	0,4	2,32	0,6	2,85	48,55	0,5	14,70	6,1
IV. Kupferdruckpapier (ungeleimt). (Stoff: Leinen, Baumwolle, Holz- und Strohzellstoff; Asche 17,0 %.)									
Vor dem Trocknen . .	2,42	1,6	1,64	3,0	2,03	100,00	2,3	100,00	5,0
12 Stunden getrocknet	2,32	2,0	1,65	2,9	1,99	98,02	2,5	108,69	4,7
24 „ „	2,41	1,7	1,67	2,6	2,04	100,49	2,2	95,65	4,4
48 „ „	2,31	1,4	1,55	2,1	1,93	95,07	1,8	78,26	4,9
96 „ „	2,08	1,2	1,43	1,6	1,76	86,69	1,4	60,86	4,1
142 „ „	1,71	0,9	1,26	1,2	1,49	73,39	1,1	47,82	3,8
262 „ „	1,44	0,7	1,03	0,7	1,24	61,08	0,7	30,43	4,7
382 „ „	1,40	0,5	1,01	0,9	1,21	59,60	0,7	30,43	3,1
502 „ „	1,08	0,4	0,87	0,4	0,98	48,57	0,4	17,39	4,1
622 „ „	1,25	0,4	0,81	0,5	1,03	50,73	0,5	21,73	4,3

Aus diesen Werten, welche nachstehend zur leichteren Übersicht auch graphisch aufgetragen sind, geht deutlich hervor, daß bei allen vier Papiersorten die Festigkeit und Dehnung infolge der

andauernden Erwärmung abgenommen hat; nach einer 622 stündigen Einwirkung haben die Papiere rund 50% ihrer Festigkeit und 70 bis 80% ihrer Dehnung eingebüßt.

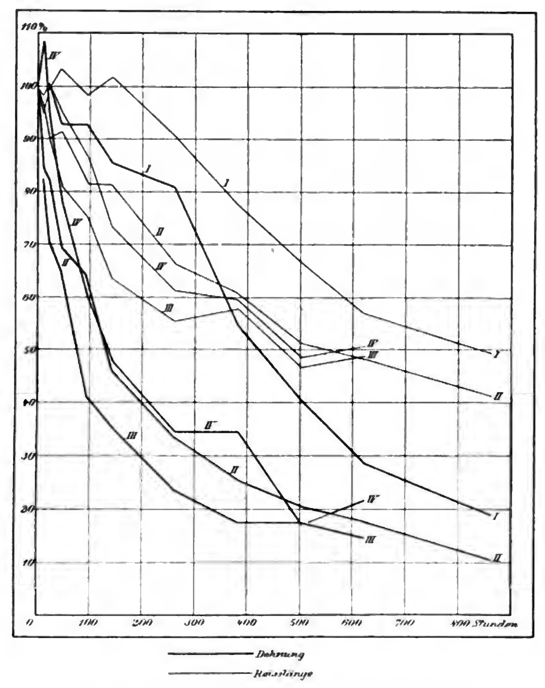


Fig. 5.
Einfluß höherer Wärmegrade auf die Festigkeitseigenschaften von Papier.

Am günstigsten hat sich das tierisch geleimte Papier I verhalten; nach 142 stündiger Erwärmung hat seine Festigkeit noch nicht abgenommen, während die der übrigen drei Papiere schon deutlich zurückgegangen ist.

Am ungünstigsten hat sich das harzgeleimte, aus Holzzellstoff hergestellte Papier III verhalten, welches schon nach kurzer Zeit eine deutliche Abnahme der Festigkeit und Dehnung zeigt. Zwischen beiden liegen die Papiere II und IV, von denen sich das letztere, ungeleimte günstiger verhalten hat als die beiden harzgeleimten Sorten II und III.

Die letzte Spalte der Zusammenstellung bestätigt die bereits anderweitig gemachte Beobachtung, daß ausgetrocknete Faserstoffe nicht wieder so viel Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen, wie sie im ursprünglichen Zustand gehabt haben. Bei allen vier Papieren zeigt sich eine stetige Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes bei zunehmender Trocknungsdauer.

Diese wenigen Versuche verbieten naturgemäß weitgehende allgemeine Schlußfolgerungen; sie können nur als Material betrachtet werden, welches in Verbindung mit weiter zu machenden Beobachtungen mit zur Beantwortung der Frage herangezogen werden kann, ob sich bei höherer Wärme Lumpenfasern günstiger verhalten als solche aus Zellstoffen, und ob hierbei tierisch geleimte Papiere widerstandsfähiger sind als harzgeleimte.

Der Einfluß der Feuchtigkeit äußert sich in zweierlei Weise. Einmal nimmt das Papier, je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, verschiedene Mengen Wasser auf und ändert hierdurch sein Gewicht,[1]) zweitens beeinflußt das aufgenommene Wasser die Festigkeit und Dehnbarkeit der im Papier vorhandenen Fasern.

Bei Untersuchungen, die im Dresdener technologischen Institut ausgeführt worden sind[2]), zeigten lufttrockene, im losen Zustand aufbewahrte Halbstoffe bei verschiedener Luftfeuchtigkeit folgenden Feuchtigkeitsgehalt.

Relative Feuchtigkeit der Luft	Feuchtigkeitsgehalt von				
	Baumwollhalbzeug	Leinenhalbzeug	Natronzellstoff	Braunholzschliff	Holzschliff (weißer)
%	%	%	%	%	%
40	4,9	5,3	5,8	6,4	8,0
50	5,4	6,0	6,6	7,2	8,8
60	5,7	6,3	7,4	8,0	9,4
70	6,1	6,8	8,4	8,8	10,0
80	6,8	7,7	9,6	9,9	10,6
90	8,0	9,5	11,3	11,5	12,0

[1]) Vgl. E. Müller, Über die Abhängigkeit des Wassergehaltes der Faserstoffe von der Luftfeuchtigkeit. Civilingenieur 1882 S. 157.

[2]) Müller-Haußner, Die Herstellung und Prüfung des Papiers, S. 1642.

In wie hohem Maße Festigkeit und Dehnung durch die Luftfeuchtigkeit beeinflußt werden, mögen die nachfolgenden Versuchsergebnisse, welche bei Prüfung eines aus Lumpen hergestellten, mit Harzleim geleimten, guten Schreibpapiers bei verschiedener Luftfeuchtigkeit gewonnen wurden, zeigen.

Relative Feuchtigkeit der Luft	Feuchtigkeitsgehalt der zerrissenen Streifen	Bruchbelastung			Bruchdehnung			Reißlänge		
		Maschinenrichtung	Querrichtung	Mittel	Maschinenrichtung	Querrichtung	Mittel	Maschinenrichtung	Querrichtung	Mittel
%	%	kg	kg	kg	%	%	%	km	km	km
100	15,2	2,34	1,75	2,05	3,2	6,3	4,8	1,68	1,23	1,46
90	11,3	3,41	2,30	2,86	2,8	5,8	4,3	2,40	1,64	2,02
80	6,5	5,57	4,03	4,30	2,5	4,7	3,6	4,06	3,00	3,53
70	6,2	5,74	4,14	4,94	2,1	4,3	3,2	4,25	3,09	3,67
60	5,5	6,15	4,49	5,32	1,9	3,9	2,9	4,50	3,33	3,92
50	4,6	6,59	4,71	5,65	1,7	3,4	2,6	4,76	3,43	4,20
40	3,8	6,74	4,93	5,84	1,6	3,3	2,5	4,91	3,61	4,26
30	2,3	7,21	5,05	6,13	1,5	2,6	2,1	5,39	3,80	4,60

Wie die Zusammenstellung zeigt, wächst die Festigkeit (Bruchlast, Reißlänge) des Papiers mit abnehmender Feuchtigkeit, während die Dehnung abnimmt. Es leuchtet somit ohne weiteres ein, daß Ergebnisse von Festigkeitsprüfungen mit Papier nur dann unmittelbar vergleichbar sind, wenn sie bei derselben relativen Luftfeuchtigkeit ermittelt wurden.

Im Amt sind deshalb Vorkehrungen getroffen, um die Festigkeitsprüfungen bei stets gleichem Feuchtigkeitsgehalt der Luft ausführen zu können, und zwar ist hierfür die relative Luftfeuchtigkeit von 65 % gewählt worden.[1]) Da die Luftfeuchtigkeit während des größten Teils des Jahres namentlich im Winter geringer ist als 65 %, so sind in dem Versuchsraum Wasserzerstäuber aufgestellt, welche es ermöglichen, bei trockener Luft den Feuchtigkeitsgehalt in kurzer Zeit auf die gewünschte Höhe zu bringen.

Den mit geringeren Hilfsmitteln ausgestatteten Versuchsräumen der Praxis kann die fehlende Feuchtigkeit am einfachsten durch Sprengen des Fußbodens, Aufhängen nasser Tücher, Kochen von Wasser usw. zugeführt werden.

---

[1]) Dr. R. von Lenz prüft bei beliebiger Luftfeuchtigkeit, bestimmt den Feuchtigkeitsgehalt des Papiers und berechnet nach einer von ihm ermittelten Formel die Festigkeitswerte auf trockenes Papier. (Papier-Zeitung 1891 Nr. 35.)

Ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft größer als 65 %, so kann man ihn durch Heizen des Raumes etwas herabdrücken; man darf aber die Temperatur nicht zu sehr steigern, da sich sonst die physikalischen Eigenschaften des Papiers ändern. Über 25° C sollte man die Zimmerwärme nicht erhöhen. An feuchtwarmen,

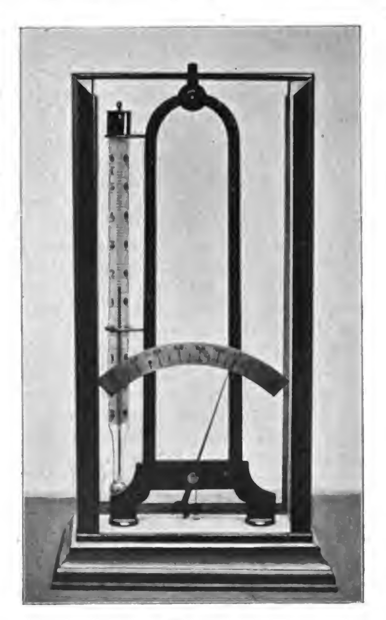


Fig. 6.
Haarhygrometer.

schwülen und nebligen Tagen steigt die relative Luftfeuchtigkeit zuweilen auf 90 % und mehr; dann ist es meist nicht möglich, die Feuchtigkeit im Versuchsraum auf 65 % herabzudrücken. Man muß dann entweder, wie es im Materialprüfungsamt stets geschieht, alle Festigkeitsprüfungen aussetzen, oder, wenn geprüft werden muß, wie z. B. während der Fabrikation, die erhaltenen Werte

unter Benutzung der Dalénschen Umrechnungskoeffizienten (siehe Seite 18) richtigstellen.

Zur Messung der Feuchtigkeit der Luft werden im Amt Koppe-Saussuresche Prozenthaarhygrometer mit Einstellvorrichtung benutzt, welche wöchentlich zweimal mit einem Aßmannschen Psychrometer kontrolliert werden.

Diese Hygrometer bestehen aus einem gut entfetteten Haar, das am oberen Ende befestigt und am unteren um eine kleine Rolle geschlungen ist, deren Achse einen Zeiger trägt (Fig. 6). Durch ein unten angehängtes Gewichtchen von 0,5 g wird das Haar gespannt. Bei trockener Luft verkürzt sich das Haar und dreht den Zeiger nach links, beim Feuchtwerden verlängert es sich und das Gewicht bewirkt eine Bewegung des Zeigers nach rechts. Bei vollkommener Sättigung der Luft mit Wasserdampf muß der Zeiger auf den Punkt 100 rücken und dort stehen bleiben.

Ein besonderer Vorzug dieser Feuchtigkeitsmesser gegenüber anderen Haarhygrometern ist der, daß sie zu jeder Zeit leicht auf die Richtigkeit ihrer Angaben geprüft werden können; zu diesem Zweck wird das dem Apparat beigegebene, mit Baumwollstoff überzogene Rähmchen in Wasser getaucht und auf der Rückseite des Instrumentes in eine hierfür angebrachte Nute geschoben. Hierauf wird der Apparat vorn durch eine Glasscheibe, hinten durch den Schieber geschlossen. Der abgeschlossene Raum füllt sich nun in verhältnismäßig kurzer Zeit mit Feuchtigkeit, das Haar sättigt sich, und der Zeiger rückt auf 100 vor.

Sollte dies infolge von Veränderungen des Instrumentes durch äußere Einflüsse nicht der Fall sein, so hat man nur den Schlüssel durch das oben in der Glasscheibe befindliche Loch auf den Vierkant aufzusetzen und durch Drehen den Zeiger genau auf 100 einzustellen. Dabei ist es zweckmäßig, etwas auf das Kästchen zu klopfen, um die Reibung des Zeigers zu überwinden.

Nun ist das Instrument eingestellt und wird, nachdem Schieber, Rähmchen und Glas entfernt sind, etwa 24 Stunden später die relative Feuchtigkeit des Versuchsraumes richtig angeben. Unmittelbar nach der Prüfung darf es nicht benutzt werden, da dann die Feuchtigkeit der Luft zu gering angegeben wird.

Man begegnet vielfach der irrigen Auffassung, daß das Haarhygrometer zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit für wissenschaftliche Versuche nicht geeignet sei. Prof. Dr. Galle, welcher über diesen Gegenstand eine große Reihe eingehender Versuche angestellt hat, bemerkt hierzu (Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1882. Veröffentlicht vom königlichen meteorologischen Institut Berlin 1883): „Unterzieht man sich bei den

Haarhygrometern alle 8—14 Tage der geringen Mühe einer Bestimmung des Sättigungspunktes und sorgfältiger Reinigung des Instrumentes, soweit dies nötig erscheint, so wird man mit diesem Instrument die relative Feuchtigkeit mit mindestens ebenso großer Genauigkeit und meist (namentlich im Winter) wohl noch genauer ablesen können, und zwar ohne alle Rechnung, als mit dem Psychrometer."

Prüfungsanstalten sollten sich mit der geschilderten Prüfung der Hygrometer in mit Luft völlig gesättigter Luft nicht begnügen, sondern die Instrumente auch bei 65 % relativer Luftfeuchtigkeit mit Hilfe des Psychrometers wenigstens wöchentlich einmal kontrollieren; sie sollten ferner nicht mit der Aufstellung eines einzigen Hygrometers zufrieden sein, sondern deren mehrere gleichzeitig benutzen, damit sie von Zufälligkeiten, die gelegentlich die Angaben eines Instrumentes beeinflussen können, unabhängig sind.

Es sei noch besonders bemerkt, daß das Hygrometer am besten neben dem Zerreißapparat aufgestellt wird, und daß die Versuchsstreifen neben dem Hygrometer zur Aufnahme der nötigen Feuchtigkeit ausgelegt werden, da die Feuchtigkeit der Luft an verschiedenen Stellen des Versuchsraumes, namentlich in verschiedenen Höhenlagen, verschieden ist.

In der Praxis ist es nun nicht immer möglich, die Prüfungen bei 65 % relativer Luftfeuchtigkeit vorzunehmen; man ist oft gezwungen, die Versuche bei anderer Feuchtigkeit auszuführen, wodurch die Ergebnisse mehr oder weniger von den maßgebenden (bei 65 % gewonnenen) abweichen.

Durch eingehende Versuche hat Dalén[1]) für Reißlänge und Dehnung Faktoren ermittelt, mit Hilfe deren man in der Lage ist, die bei zu hoher oder zu niedriger Feuchtigkeit ermittelten Werte umzurechnen. Die Fehler, die man hierbei zu befürchten hat, sind um so größer, je mehr die Luftfeuchtigkeit von 65 % abweicht. Aus diesem Grunde dürfte es, damit die berechneten Werte einigermaßen zuverlässig werden, angebracht sein, die Umrechnungen auf den zwischen 40 % und 80 % relativer Luftfeuchtigkeit liegenden Spielraum zu beschränken.

In nachstehender Tabelle sind innerhalb dieser Grenzen die Faktoren zusammengestellt, mit denen man die für Reißlänge und Dehnung gefundenen Werte multiplizieren muß, um annähernd Werte zu erhalten, die einer Luftfeuchtigkeit von 65 % entsprechen würden.

---

[1]) Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften des Papiers. (Mitteilungen a. d. Königl. technischen Versuchsanstalten 1900 S. 133.)

Relative Luftfeuchtigkeit beim Zerreißen in %	Faktor für Reißlänge	Dehnung
80	1,18	0,80
75	1,11	0,87
70	1,04	0,93
60	0,97	1,08
55	0,94	1,16
50	0,92	1,25
45	0,90	1,36
40	0,88	1,47

Mit Recht bemerkt aber Dalén am Schluß seiner Abhandlung, daß man diese Umrechnung nur als Notbehelf ansehen soll, wenn es ganz unmöglich ist, die Versuche bei 65% auszuführen.

Die Versuchsstreifen brauchen, um sich dem Feuchtigkeitszustand von 65% anzupassen, mindestens eine halbe Stunde. Da-

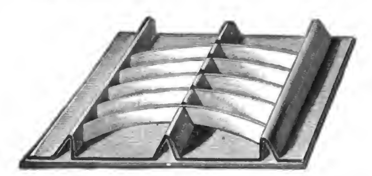


Fig. 7.
Vorrichtung zum Auslegen der Versuchsstreifen.

mit sie der Luft möglichst viel Oberfläche darbieten, bedient man sich zweckmäßig eines Rahmens, wie ihn Fig. 7 darstellt. In diesem Rahmen stehen die Streifen schwach gekrümmt auf der hohen Kante, gestatten somit der Luft ungehinderten Zutritt und sind außerdem durch ihre geringe Anspannung gegen das Fortwehen durch Zugluft geschützt.

Zum Zerreißen der Streifen bedient man sich verschiedener Zerreißmaschinen, von denen hier die vier wichtigsten, die von Schopper, Wendler, Hartig-Reusch und Leuner beschrieben werden sollen.[1])

---

[1]) Auf das Horacksche Dasymeter, das früher vielfach benutzt wurde und stellenweise auch heute noch zu Festigkeitsversuchen verwendet wird, soll wegen der unzuverlässigen Ergebnisse, welche es liefert, nicht näher eingegangen werden. Beschreibung und Abbildung dieses Apparates findet man in „Hoyer. Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung“, München 1882.

Schoppers Festigkeitsprüfer.

Die Kraftmessung erfolgt bei dem Schopperschen Festigkeitsprüfer durch eine Neigungswage. Die Wirkungsweise des Apparates ist aus Fig. 8 ersichtlich.

Der Belastungshebel *A* bewegt sich zwischen zwei Kreissegmenten, von denen das vordere *B* mit einer Teilung versehen ist, deren Bezifferung die Kraftleistung in kg angibt. Das hintere

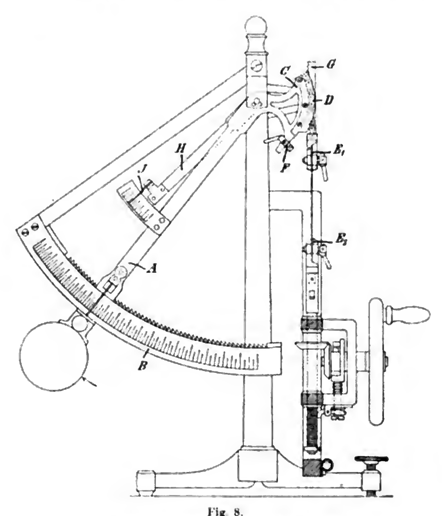


Fig. 8.
Schoppers Festigkeitsprüfer für Papier.

Segment ist gezahnt und dient zur Aufnahme der Sperrklinken, die nach dem Bruch des Streifens das Zurückfallen des Hebels *A* verhindern.

Statt des zweiten Armes des Krafthebels ist ein Bogensegment *C* angebracht, über welches eine Kette *D* läuft, die am unteren Ende die eine Einspannklemme E_1 trägt. Um die Einspannung des Streifens zu erleichtern, kann diese Klemme während des Einspannens durch einen Haken *F* (oder einen Stift) an dem Segment *C* festgelegt werden.

Durch die Kette *D* wird erreicht, daß sich die obere Klemme immer senkrecht über der unteren E_2 befindet und eine zwanglose Beweglichkeit während des Versuches behält.

Die Messung der Dehnung erfolgt durch die Feststellung der gegenseitigen Verschiebung der beiden Einspannklemmen E_1 und E_2. Um diese Verschiebung zu bestimmen, wird die Bewegung der unteren Klemme mittels der Zahnstange *G* auf den Dehnungshebel *H* übertragen, der statt des oberen Armes ein Zahnsegment trägt. An diesem Hebel *H*, welcher sich um den Zapfen des Gewichtshebels *A* drehen kann, ist ein Zeiger *J* angebracht, welcher sich über zwei am Krafthebel befindliche Bogenteilungen bewegt. Die eine dieser Teilungen gibt die Verlängerung des Streifens, welche mit der Verschiebung der Klemmen gegeneinander gleichbedeutend ist, in mm, die andere, bei einer Streifenlänge von 180 mm, direkt in Prozenten an.

Das untere Ende der Zahnstange *G* ist an einer Hülse befestigt, welche sich auf einer mit der Antriebspindel parallelen Gleitstange bewegen kann und während des Versuches von einem an der Antriebspindel befestigten Mitnehmer bewegt wird.

Diese Zahnstange, welche sich in einer festen Führung bewegt, wird durch eine Bremsfeder fest gegen das gezahnte Segment des Dehnungshebels gedrückt, so daß toter Gang ausgeschlossen ist. Die hierdurch entstehende Zahnreibung wird vom Antrieb aufgenommen, ist daher auf die Kraftmessung ohne Einfluß.

An den Einspannklemmen sind Exzenterhebel zum Zusammendrücken der Backen angebracht, wodurch einfache, bequeme und sichere Einspannung des Streifens ermöglicht wird.

An der Antriebvorrichtung befindet sich eine Sperrvorrichtung, welche für eine bestimmte Streifenlänge das richtige Einstellen der unteren Klemme in der Nullage sichert.

Die Versuchsausführung geht in folgender Weise vor sich.

Nachdem man den Belastungshebel mit Hilfe des hierfür bestimmten Stiftes in der Nullage festgestellt hat, legt man die obere Einspannklemme mit Hilfe des hierzu angebrachten Hakens fest; dann wird die Antriebspindel durch Drehen des Handrades in die Höchstlage gebracht, die untere Klemme angehoben und mit der unter dem Nasenhebel befindlichen Schraube festgestellt. Durch völliges Hochschieben der Zugstangenhülse bringt man den Dehnungshebel in seine Nullstellung.

Nunmehr wird der Streifen eingespannt.

Nach erfolgter Einspannung befreit man die obere Klemme aus dem Haken, löst den Gewichtshebel durch Entfernung des Haltestiftes aus, legt die Sperrklinken ein und setzt den Apparat durch Drehen des Handrades in Tätigkeit.

Sobald der Streifen mit etwa $^1/_2$ kg belastet ist, löst man, ohne mit dem Drehen aufzuhören, die Schraube, welche die untere Klemme hochhält, damit letztere beim Reißen des Streifens herunterfallen und den Dehnungshebel auslösen kann.

Nach dem Reißen des Streifens stehen, auch bei fortgesetztem Drehen des Handrades, die Hebel für Belastung und Dehnung still und gestatten so eine ruhige und sichere Ablesung.

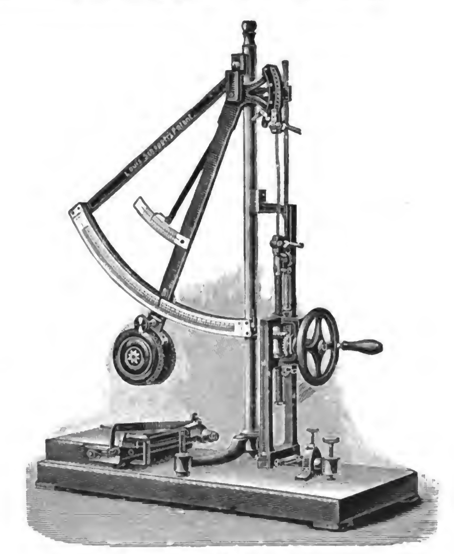


Fig. 9.
Schoppers Festigkeitsprüfer für Papier.

Fig. 9 zeigt den Apparat nach der Beendigung des Zerreißversuches.

Je nach dem Verwendungszweck werden die Schopperschen Prüfer mehr oder weniger stark gebaut und mit einem mehr oder minder schweren Belastungsgewicht versehen. Der für Papierprüfungen meist verwendete Apparat ist für 30 kg höchste Kraftleistung bestimmt (Fig 9). Für schwache Papiere bedient man sich zweckmäßiger eines Apparates von 10 kg Höchstleistung, weil in

diesen Fällen der Ausschlag bei dem 30-kg-Apparat zu klein sein würde. Handelt es sich um die Prüfung von Papieren mit sehr



Fig. 10.
Schoppers Festigkeitsprüfer für Pflanzen- und Tierhaare, Elementarfasern, Bastbündel usw.

geringer Festigkeit, wie Seiden-, Kopier-, Zigarettenpapier usw., so entfernt man das Belastungsgewicht vom Krafthebel; hierdurch wird die Empfindlichkeit des Prüfers erhöht und der Ausschlag des Hebels

größer. Natürlich muß man für solche Fälle den Wert der Teilung des Kraftmaßstabes besonders feststellen.

Für sehr genaue Messungen der Festigkeit schwacher Körper hat Schopper nach denselben Grundsätzen einen Apparat gebaut (Fig. 10), bei dem der Krafthebel und die obere Klemme auf Schneiden gelagert sind; hierdurch ist eine sehr große Empfindlichkeit gewährleistet, und der Apparat kann daher zum Prüfen von Seidenpapier, Zigarettenpapier, Kopierpapier, Woll- und Baumwollhaaren, Bastbündeln usw. benutzt werden.[1])

Zur Prüfung von Pappe, starken Aktendeckeln usw. dient ein Apparat bis zu 100 kg Kraftleistung[2]) (Fig. 11). Bei diesem Apparat sind für die Kraftmessung 2 Teilungen vorgesehen, eine für das Arbeiten mit dem Hebel ohne Gewicht (Kraftleistung bis 50 kg) und eine zweite für den mit dem Gewicht belasteten Hebel (Kraftleistung bis 100 kg). Die Klemmen sind 50 mm breit. Im übrigen ist der Prüfer ebenso gebaut wie der oben beschriebene.

Der Antrieb der Apparate erfolgt mit der Hand; zur Erzielung größerer Gleichmäßigkeit bei der Versuchsausführung können sie aber auch für Wasserantrieb eingerichtet werden. Erforderlich hierfür ist ein Wasserleitungsdruck von 3—4 Atm.

Beim Aufstellen der Schopperschen Prüfer ist darauf zu achten, daß der Zeiger des unbelasteten Krafthebels auf Null und die Luftblase der am Gestell angebrachten Wasserwage in der Mitte einspielt. Die Reibung des Krafthebels in der Nähe des Nullpunktes ist nur unbedeutend, das Einspielen auf Null daher sehr befriedigend.

Die Gesamtreibung im Apparat ist sehr gering. Im Materialprüfungsamt ist bereits eine ganze Anzahl geprüft worden, der Reibungsfehler war selbst im ungünstigsten Falle kleiner als 1 % der Gesamtbelastung. Der Fehler verschwindet aber noch zum größten Teil, weil sich der Apparat während des Versuches niemals in absoluter Ruhe befindet; er ist daher für praktische Versuche ohne wesentliche Bedeutung.

---

[1]) Eine genaue Beschreibung des Apparates und die Ergebnisse seiner Prüfung hat Dalén in den Mitteilungen a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1901 S. 183, veröffentlicht. — Pauli hat vorgeschlagen, die Festigkeit von Fasern auf optischem Wege zu bestimmen. (Zentralblatt f. d. österr.-ung. Papierindustrie 1907 S. 321.) Nach seinen Beobachtungen ist die Reißlänge von Fasern der Doppelberechnung direkt proportional. Ob und inwieweit dieses Verfahren für die Papierindustrie verwendbar ist, müssen erst weitere Versuche zeigen.

[2]) Zur Prüfung von Materialien, die noch größere Kräfte erfordern (starke Gewebe, Leder usw.), werden von der Firma L. Schopper-Leipzig nach denselben Grundsätzen noch stärkere Maschinen (bis zu 1500 kg Kraftleistung) gebaut.

Die Vorteile, die der Schoppersche Apparat gegenüber anderen hat, liegen, abgesehen von der sorgfältigen und kräftigen Ausführung,



Fig. 11.
Schoppers 50 und 100-kg-Festigkeitsprüfer für Pappe, starke Aktendeckel, Stoffe usw.

in dem Vermeiden von Spiralfedern, in der besseren Ablesung von Bruchlast und Bruchdehnung infolge der großen Maßstäbe und in der senkrechten Anordnung.

Durch das Vermeiden von Spiralfedern ist eine wiederholte Prüfung des Apparates auf die Zuverlässigkeit seiner Angaben nur selten erforderlich; ist er vor der Benutzung geprüft und dann gut aufgestellt, so hat man nur darauf zu achten, daß er nicht durch Stoß oder Schlag beschädigt und daß er stets in sauberem Zustande gehalten wird.

Diese Umstände machen den Apparat für praktische Bedürfnisse besonders geeignet.

Wendlers Festigkeitsprüfer.

Unter Hinweis auf Fig. 12—13 sei über den Bau und die Wirkungsweise des Prüfers folgendes gesagt.

Der Antrieb erfolgt durch ein Handrad *a*, welches bei vielen Apparaten auf Wunsch durch Schneckenrad und Schraube *s* ersetzt worden ist. Der Zapfen dieses Rades dreht sich in dem Lager *l*, welches mit dem Bett *d* aus einem Stück hergestellt ist. In diesem Zapfen, welcher ausgebohrt ist, wird die Schraube *b*, welche mit dem Schlitten *c* fest verbunden ist, und mit deren Hilfe die Fortbewegung des Schlittens ermöglicht wird, geführt. Am Handrade befindet sich eine Mutter, bestehend aus der Hülse *p* und zwei Gewindebacken, welche durch einen Kurvenschub geöffnet beziehungsweise geschlossen werden können, je nachdem die Bewegung des Schlittens direkt mit der Hand oder mit Hilfe des Handrades bewirkt werden soll.

Bei einer Rechtsdrehung der Hülse wird die Verbindung geschlossen, d. h. das Gewinde der Backen greift in die Vertiefungen der Schraube; umgekehrt wird bei einer Linksdrehung die Verbindung geöffnet.

Die Einspannvorrichtung besteht aus 2 Klemmen k und k_1, von denen die erstere am Wagen *w*, die letztere am Schlitten *c* befestigt ist. Zwischen den Backen dieser Klemmen wird der zu untersuchende Papierstreifen eingespannt. Die Backen sind senkrecht zur Zugachse wellenförmig ausgearbeitet, um ein Rutschen des Streifens in den Klemmen zu verhindern; sie werden durch die Schrauben s_1 und s_2 zusammengepreßt.

Die Kraftmessung geschieht mittels Schraubenfedern, deren der Apparat zwei, von 9 und 20 kg Höchstkraftleistung, besitzt. Die Feder wird an einem Ende durch die Hülse *i* gehalten, welche mit dem Bett *d* fest verbunden ist, am anderen durch den Wagen *w*. Die Zahnstange *f* ist mit dem Wagen *w* verbunden und wird durch die Hülse *i* geführt. Mit dem Bett durch Schrauben verbunden sind die Sperrklinken *g*, welche in die Zähne der Zahnstange

greifen und, sobald das Papier gerissen, die Feder am Zurückschnellen hindern.

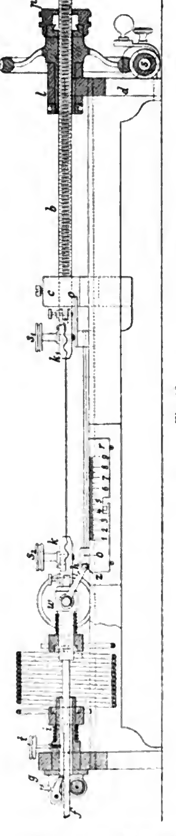


Fig. 12. Wendlers Festigkeitsprüfer.

Der Wagen schiebt mit Hilfe des Hebels *h* den Schleppzeiger *z* über den Kraftmaßstab *r* vor sich her. Der Schleppzeiger besitzt eine Nullmarke, unter welcher man nach dem Zerreißen des Papiers auf dem Maßstab die Bruchbelastung in Kilogramm abliest.

Die Dehnung wird bestimmt durch die gegenseitige Verschiebung des Schleppzeigers, auf welchem der Dehnungsmaßstab *O*, geteilt nach den Prozenten einer normalen Streifenlänge von 180 mm, angebracht ist, und der Nullmarke des Schlittens. Man liest nach dem Zerreißen des Streifens die Dehnung direkt in Prozenten ab.

Um ein Papier mit diesem Apparat zu prüfen, hebt man zunächst die Sperrklinken auf, versetzt die Feder in Schwingungen und schiebt dann den Schleppzeiger behutsam an den Hebel heran; man sieht nun zu, ob die Nullmarke des Zeigers mit der des Maßstabes übereinstimmt; ist dies nicht der Fall, so verschiebt man letzteren so lange, bis die Marken sich decken. Man stellt jetzt die Feder vermittelst der Schraube *t* fest und verschiebt den Schlitten *c*, bis die beiden Nullmarken des Dehnungsmaßstabes und des Schlittens übereinstimmen. Jetzt nimmt man einen Streifen von dem zu untersuchenden Papier in den früher für die Normalstreifen angegebenen Größenverhältnissen, klemmt denselben ein, löst die Schraube *t*, legt die Sperrklinken ein und kann jetzt mit der Untersuchung beginnen, indem man das Rad in möglichst gleichmäßige und langsame Umdrehungen versetzt.

Nach dem Zerreißen des Streifens liest man Belastung sowie Dehnung ab, entlastet dann die Feder, indem man den Wagen mit

der Hand festhält, die Sperrklinken auslöst und nun den Wagen mit der Feder langsam zurückgleiten läßt.

Fig. 13 zeigt den Apparat nach dem Bruch eines Streifens.

Um eine andere Feder einzusetzen, nimmt man den Wagen,

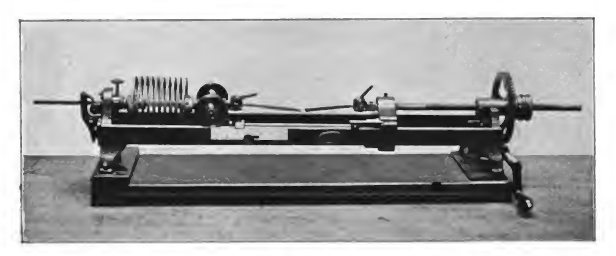


Fig. 13.
Wendlers Festigkeitsprüfer.

drückt die Feder etwas zusammen, dreht sie um 90° und zieht den Wagen mit der Zahnstange heraus.

Die von Martens entworfene Ausrückvorrichtung[1]) setzt die Apparate im Augenblick des Streifenbruches außer Tätigkeit.

Festigkeitsprüfer nach Hartig-Reusch.[2])

Unter Hinweis auf Fig. 14—15 sei hier das zum Verständnis des Apparates Nötige gesagt.

Der zu untersuchende Streifen wird durch die Klemmen *a* und *b* festgelegt, deren wellenförmig eingeschnittene Backen das Herausziehen des Streifens während des Versuches verhindern sollen. Die eine der Klemmen *b* ist mit der Vorrichtung für die Kraftübertragung verbunden, während die andere sich an einem beweglichen Bock *A* befindet, der an jeder Stelle durch eine Schraube fest mit dem Grundbett verbunden werden kann. Der Bock trägt ferner eine mit einer Marke versehene Messingscheibe, welche auf einer im Bett eingelegten Meterteilung in jeder Stellung die Entfernung der Vorderkanten der beiden Klemmen *a* und *b* voneinander angibt.

Die zweite Klemme *b* ist durch den Wagen *B* mit der Schraubenfeder *F*, welche zum Zerreißen des Probestreifens dient, verbunden.

[1]) Beschrieben und abgebildet im Sonderheft III der Mitteilungen a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1887.

[2]) Von Reusch nach Hartigs Angaben gebaut. (Civilingenieur 1879 S. 585.)

F muß sich also beim Versuch so weit elastisch ausdehnen, als dem Widerstande, welchen der Papierstreifen dem Zerreißen entgegensetzt, entspricht. Gleichzeitig folgt jedoch der Wagen dem Zuge

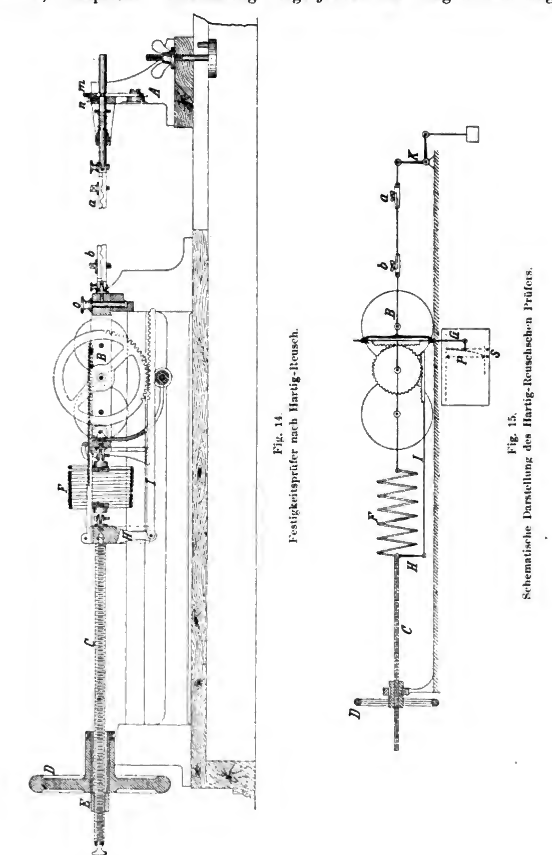


Fig. 14. Festigkeitsprüfer nach Hartig-Reusch.

Fig. 15. Schematische Darstellung des Hartig-Reuschschen Prüfers.

der Feder um so viel, als das Papier sich bis zum Bruche dehnt. Diese beiden Bewegungen, die Ausdehnung der Feder und die Verschiebung des Wagens werden auf den Zeichenstift *G* übertragen, welcher die Versuchslinien auf dem hierfür angebrachten Papier verzeichnet.

Die senkrechten Ordinaten entsprechen den Federausdehnungen und somit den zum Zerreißen erforderlich gewesenen Zugkräften und die wagerechten Ordinaten den diesen Zugkräften entsprechenden Dehnungen der Probestreifen.

Die Tafel, welche das Papier für die Schaulinien trägt (Fig. 15), läßt sich wagerecht verschieben, so daß es auf diese Weise möglich ist, mehrere Kurven nebeneinander zu zeichnen.

Zu jedem Apparat gehören drei verschiedene Federn, je eine von 4, 9 und 18 kg Zugkraft; zu jeder derselben gehört ein Maßstab, welcher bei jeder Ausdehnung der Feder die aufgewendete Kraft in kg angibt. Man halte bei allen Versuchen den Grundsatz fest, die schwächste Feder anzuwenden und nicht etwa ein Papier mit der 18-kg-Feder zu prüfen, welches schon bei einer Belastung von 7 kg zerreißt, denn je stärker die Feder ist, um so größer sind die Ablesungsfehler. Es kann sogar vorkommen, daß man bei Prüfung einer Papiersorte mit Vorteil zwei verschiedene Federn anwendet, wenn zum Zerreißen der Querrichtung eine schwächere Feder genügt als für die Maschinenrichtung.

Nachdem so kurz das Wichtigste über den Bau des Apparates auseinandergesetzt ist, mag zur Beschreibung der Ausführung des Versuches selbst übergegangen werden.

Der Bock *A* wird so festgelegt, daß die vorhin erwähnte Marke mit dem Teilstrich 0,18 m der Meterteilung zusammenfällt; der Wagen *B* wird durch einen Stift *O* festgehalten. Der Streifen wird so zwischen die Klemmen *a* und *b* gelegt, daß er keine Durchbiegung zeigt, und nun werden die Schrauben mit Hilfe des hierfür gefertigten Schlüssels schwach angezogen. Man löst alsdann den Bock *A* wieder, verschiebt ihn ein wenig in der Richtung nach *B* zu und zieht die Klemmschrauben fest an; würde man das stärkere Anziehen bei straff gespanntem Streifen vornehmen, so liefe man Gefahr, ihn einzureißen.

Man bringt nunmehr den Zeichenstift *G* aus seiner Ruhelage, so daß er sich gegen das auf der Schreibtafel aufgespannte Papier legt, und zieht die Feder an; dadurch wird auf dem Papier die senkrechte Nullinie aufgezeichnet, die für die spätere Auszeichnung der einzelnen Schaulinien von Wichtigkeit ist. Eine wagerechte Nullinie zu zeichnen, ist nicht ratsam, da sich der Stift nicht in allen Stellungen des Wagens *B* in gleicher Höhe befindet. Aus

diesem Grunde muß man darauf achten, daß sich der Streifen bei Beginn eines jeden Versuchs nicht in gespanntem Zustand befindet, damit der Zeichenstift erst eine kurze Strecke horizontal vorgehen kann, ehe er durch die Spannung der Feder nach unten getrieben wird. Dann befindet sich an jedem einzelnen Diagramm die für die Bestimmung nötige horizontale Nullinie.

Nachdem man den Bock *A* ungefähr auf eine Entfernung von 0,17 m festgeschraubt hat, so daß der Streifen schlaff zwischen den Klemmen hängt, entfernt man den Stift *O*, legt die Sperrhaken ein, welche beim Bruch des Streifens das Zusammenschnellen der Feder verhindern, und schließt die Schraubenmutter *E*, welche mit dem Handrad *D* verbunden ist. Durch langsames und gleichmäßiges Drehen des Rades, bei welchem man jede Unterbrechung und jedes stoßweise Vorgehen sorgfältig zu vermeiden hat, wird nunmehr der Apparat in Tätigkeit gesetzt. Je langsamer und gleichmäßiger die Versuche ausgeführt werden, um so besser werden die einzelnen Ergebnisse untereinander übereinstimmen.

Ist die Spannung der Feder so groß geworden, daß sie gleich dem Widerstand ist, welchen der Papierstreifen leistet, so zerreißt der letztere, und der Versuch ist als beendigt anzusehen; der Stift wird vom Diagramm abgehoben, die Schraubenmutter *E* geöffnet, der Wagen verschoben, bis der Stift *O* eingesetzt werden kann, und dann die Feder ausgelöst.

Der Streifen wird darauf unmittelbar an den Klemmen abgerissen, und der Apparat kann nun zum Zerreißen des zweiten Streifens benutzt werden. Erfolgt der Bruch des Streifens nicht mindestens 1 cm von der Einspannvorrichtung entfernt, so ist es geraten, den Versuch als ungültig zu betrachten, weil die Vermutung nahe liegt, daß der Streifen schief eingespannt war.

Sind auf oben angegebene Weise aus der Maschinenrichtung und Querrichtung je fünf Streifen zerrissen worden, so wird deren Gewicht, jede Richtung für sich, bestimmt, und es kann nunmehr an die Auszeichnung und Ausmessung des Schaubildes gegangen werden.

Fig. 16 zeigt 10 Schaulinien, wie sie bei Prüfung eines Konzeptpapiers erhalten wurden. Die Querrichtung konnte mit Hilfe der 4-kg-Feder zerrissen werden, während für die Maschinenrichtung die nächst stärkere Feder angewendet werden mußte. Bei der Ausmessung ist zu empfehlen, die Anfangs- und Endpunkte *a* und *e* durch feine Nadelstiche hervorzuheben und dann erst die Anfangspunkte horizontal und die Endpunkte vertikal zu projizieren. Die Entfernung vom Schnittpunkt dieser beiden Linien bis zum Punkt *a* gibt die Dehnung des Streifens an, die Entfernung des-

selben Punktes vom Punkte *e* die Ausdehnung der Feder und somit das Maß für die zum Zerreißen des Streifens notwendig gewesene Kraft. Beide Längen werden mit den für sie bestimmten Maßstäben ausgemessen, wobei es genügt, wenn die Bruchdehnung auf eine und die Bruchbelastung auf zwei Dezimalstellen bestimmt wird.

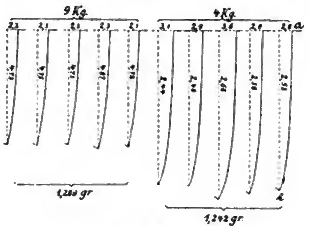


Fig. 16.
Versuchsschaubild.

Die Ergebnisse, die der Apparat liefert, sind bei richtiger und gewissenhafter Handhahung recht zuverlässig.

Von Wert ist, daß das Schaubild als Versuchsurkunde aufbewahrt und jederzeit zur Kontrolle der Prüfung herangezogen werden kann.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn man den Apparat vom Standpunkte des Praktikers aus beurteilt; für diesen, dem es darauf ankommt, möglichst schnell über die Festigkeit eines Papier Aufschluß zu erhalten, ist das Auszeichnen und Ausmessen der Schaulinie eine zeitraubende Arbeit; deshalb ist der Apparat für die Praxis weniger geeignet als die vorstehend beschriebenen, die direkte Ablesung von Bruchbelastung und Bruchdehnung gestatten.

Leuners Festigkeitsprüfer.

Der Hartig-Reuschsche Apparat wird in der oben beschriebenen Ausführung nicht mehr angefertigt.[1]) Der Erbauer, Mechaniker Leuner in Dresden, hat ihm, unter Beibehaltung des Grundgedankens, eine etwas andere Gestalt gegeben (Fig. 17). Der wesentlichste Unterschied gegenüber dem alten Apparat liegt in der Änderung der Schreibvorrichtung und in dem kräftigeren Ausbau der einzelnen Teile.

Die Vorrichtung zum Aufzeichnen der Bruchlast und Dehnung besteht aus dem Zeichenstift *C* und der Zeichenwalze *B*. Letztere ist auf die Zugstange des Wagens *A* drehbar aufgesteckt und durch zwei Kegelräder und Stahlbändchen mit dem Gestell derart ver-

[1]) Er wurde indessen eingehend beschrieben, weil er noch an verschiedenen Stellen, namentlich zur Ausführung wissenschaftlicher Prüfungen, in Gebrauch ist; ferner hat er geschichtliche Bedeutung, denn Hartig und Hoyer haben ihn bei ihren grundlegenden Arbeiten über die Einteilung der Papiere nach Reißlänge und Dehnung benutzt.

bunden, daß jede Verschiebung des Wagens A eine Drehung der Zeichenwalze B herbeiführt.

Zum Antrieb dient ein im Gestell gelagertes Handrad, welches beim Drehen unter Vermittlung einer Schraube eine Schraubenfeder spannt. Die Federspannung wird durch die Achse der Zeichenwalze B auf den Wagen A und somit auf den eingespannten Probestreifen übertragen. Der Zeichenstift C wird dabei, der Federspannung entsprechend, in der Richtung der Achse der Zeichenwalze verschoben; gleichzeitig folgt der Wagen A dem Zuge der Feder um so viel, als der Probestreifen sich bis zum Bruch dehnt. Diese Verschiebung des Wagens A hat eine Drehung der Zeichenwalze B zur Folge, so daß eine Kurve aufgezeichnet wird, deren Ordinate der Festigkeit und deren Abszisse der Dehnung des Probestreifens entspricht.

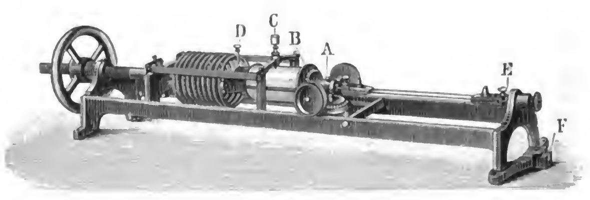


Fig. 17.
Leuners Festigkeitsprüfer.

Die Zeichenwalze B ist verstellbar eingerichtet, so daß es möglich ist, mehrere Schaulinien nebeneinander zu zeichnen.

Nach dem Bruch des Probestreifens hindern zwei Sperrklinken das Zurückschnellen der Feder. Bei geringer Spannung kann das Auslösen der Feder mit der Hand geschehen, indem man den Wagen A so weit nach rechts zieht, daß die Sperrklinken aufgehoben und umgelegt werden können; hierauf läßt man den Wagen nach links gleiten, bis die Feder in ihre Ruhelage gekommen ist. Bei größerer Spannung dagegen muß das Auslösen mit Hilfe der Schraubenmutter und des Handrades vollführt werden. Der Wagen wird mittels der angebrachten Haken mit dem Gestell verbunden, dann werden die Sperrklinken nach dem Drehen des Handrades umgelegt, und die Feder wird durch Rückwärtsdrehen des Handrades in ihre Ruhelage gebracht.

Das Ausmessen der gezeichneten Linien geschieht in folgender Weise. Auf einer Glasplatte (Fig. 18) befinden sich zwei parallele

Linien *d* und *e* und eine hierzu senkrechte *o c*; der Kraftmaßstab ist entlang dieser Senkrechten und der Dehnungsmaßstab entlang der unteren Linie *e* angebracht; beide Maßstäbe haben den Nullpunkt gemeinschaftlich bei *o*. Man legt die Glasplatte mit der geteilten Seite derart auf die Schaulinien, daß sich die Abszisse AA_1 (Nullinie) zwischen den Linien *d* und *e* befindet. Nunmehr bringt man ein Lineal *F* an die untere Kante dieser Glasplatte, hält das Lineal fest und verschiebt die Platte an letzterem so weit, bis die Senk-

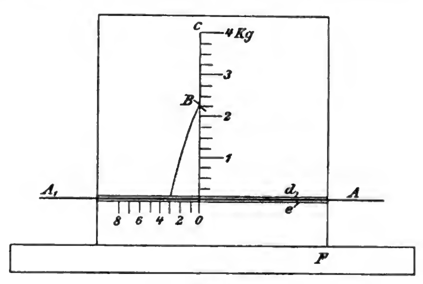


Fig. 18.

rechte *oc* die Bruchstelle bei *B* schneidet. In dieser Stellung der Glasplatte liest man die Bruchlast bei *B* und die Dehnung am Prozentmaßstab ab. Da alle Schaulinien eine gemeinschaftliche Nullinie haben, so kann man die Glasplatte, indem man sie ohne weiteres dem Lineal entlang verschiebt, über jede einzelne Schaulinie bringen und die Werte ablesen. (Die Teilungen sind auf der unteren, dem Papier zugekehrten Seite der Glasplatte eingraviert, man liest deshalb die Werte ohne parallaktischen Fehler ab.)

Jedem Prüfer werden zwei Schraubenfedern von 10 und 20 kg höchster Kraftleistung beigegeben.

Berechnung der Reißlänge.

Während die beim Zerreißen von Papier gefundene Bruchdehnung unmittelbar zur Beurteilung herangezogen werden kann, ist dies bei der Bruchlast ausgeschlossen, da sie, wie schon Seite 1 erwähnt, mit der Breite und Dicke des Probestreifens wechselt. Eine Verteilung der Bruchlast auf den Querschnitt, wie sie z. B. bei der Prüfung von Metallen, Baumaterialien usw. vorgenommen wird, würde beim Papier mit ziemlichen Fehlern behaftet sein.

Man hat deshalb, um von dem Einfluß der Breite und Dicke des Streifens unabhängig zu werden,[1]) nach Hartigs Vorschlag den von Reuleaux geschaffenen Begriff der Reißlänge eingeführt. Man versteht unter Reißlänge diejenige Länge eines Papierstreifens von beliebiger (aber gleichbleibender) Breite und Dicke, bei welcher er, an einem Ende aufgehängt gedacht, infolge seines Eigengewichtes am Aufhängepunkt abreißen würde. Diese Länge kann aus der ermittelten Bruchlast und dem Gewicht des Papiers (Streifengewicht oder Quadratmetergewicht) abgeleitet werden. Ist z. B. G das Gewicht eines 0,18 m langen Streifens in g, welcher bei einer Belastung von K Kilogramm zerreißt, so ist zu berechnen, wie lang der Streifen sein muß, um K Kilogramm schwer zu sein; d. h., wenn man diese gesuchte Länge mit x bezeichnet,

$$\frac{0,18}{G} = \frac{x}{K} \text{ oder } x = \frac{0,18}{G} \cdot K \textit{ Kilometer}.$$

Die schließliche Angabe der Reißlänge erfolgt dann meist in m.

Aus dieser Hartigschen Formel ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Breite des Streifens keinen Einfluß auf die Reißlänge ausüben kann; bei Verdoppelung der Breite z. B. würde zwar eine Verdoppelung von K eintreten, aber auch gleichzeitig eine solche von G, so daß das Verhältnis wieder dasselbe wäre.

Die Hoyersche Formel zur Berechnung der Reißlänge lautet:

$$R = \frac{p}{g\,b} 1000 \textit{ Kilometer}.$$

(R = Reißlänge in km, p = Bruchlast in kg, b = Breite des zerrissenen Streifens in mm, g = Gewicht eines Quadratmeters des untersuchten Papiers in g). Diese Formel zu benutzen, wird sich besonders in Fabriken empfehlen, da hier das Quadratmetergewicht des Papiers bekannt ist; man kann dann das Auswiegen der Streifen sparen.

Der weiteren Besprechung über die Berechnung der Reißlänge mögen die bei Prüfung eines Normalpapiers 3a ermittelten Werte zugrunde gelegt werden.

---

[1]) Für die Dicke gilt dies nur in beschränktem Maße, denn bei Papieren verschiedener Dicke, aber gleicher Stoffmischung und Arbeitsweise nimmt die Reißlänge bei steigender Dicke etwas ab, die Dehnung zu. (Vgl. Über den Einfluß der Dicke auf die Festigkeitseigenschaften von Papier. Vom Verfasser. Mitteilungen a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1896 S. 92.)

Versuchsergebnisse.

Maschinenrichtung					Querrichtung				
Streifen aus dem Bogen	Bruchlast	Bruchdehnung	Gewicht der fünf Streifen		Streifen aus dem Bogen	Bruchlast	Bruchdehnung	Gewicht der fünf Streifen	
			lufttrocken	bei 100° C getrocknet				lufttrocken	bei 100° C getrocknet
Nr.	kg	%	g	g	Nr.	kg	%	g	g
1	7,46	2,4			1	3,85	5,4		
2	6,84	2,3			2	3,80	5,3		
3	7,38	2,4			3	4,04	4,5		
4	6,49	2,4			4	4,20	5,0		
5	6,31	2,5			5	3,97	5,1		
Summe	34,48	12,0	1,220	1,128	Summe	19,86	25,3	1,233	1,140
Mittel	6,90	2,4		0,226	Mittel	3,97	5,1		0,228

Die Bestimmung des Trockengewichtes der Streifen erfolgt in der später (Aschengehaltsbestimmung) näher angegebenen Weise durch Erhitzen auf 105° C bis zum gleichbleibenden Gewicht.

Aus dem Unterschied in dem Gewicht der Streifen bei Zimmerwärme und bei 100° C getrocknet ergibt sich zunächst für das Papier ein mittlerer Feuchtigkeitsgehalt von 7,5%.

Nach der oben angeführten Formel für die Reißlänge ergibt sich ferner unter Zugrundelegung des bei 100° C ermittelten Streifengewichtes für die Maschinenrichtung eine Reißlänge von rund 5,5 km = 5500 m, für die Querrichtung eine solche von 3,15 km = 3150 m, im Mittel also 4325 m.

Für die Prüfungen in der Praxis bedeutet die Ermittelung des Trockengewichtes eine wesentliche Erschwerung. Man kann sie aber umgehen, wenn man der Berechnung der Reißlänge das bei 65% ermittelte Papiergewicht zugrunde legt und den so berechneten Reißlängenwert um 6% erhöht, da man den Feuchtigkeitsgehalt von geleimtem Papier bei 65% relativer Luftfeuchtigkeit im Durchschnitt mit 6% nicht allzu fehlerhaft annimmt. Man hat also, um von der mit lufttrockenem Papier (65%) ermittelten Reißlänge auf die mit absolut trockenem Papier bestimmten (amtliche Bestimmung) zu kommen, nur nötig, den Reißlängenwert mit 1,06 zu multiplizieren.

Als mittlere Bruchdehnung ergibt sich ohne weiteres 3,8%.

Auf Grund dieser Mittelwerte[1]) würde die Einreihung des Papiers in eine der sechs Festigkeitsklassen erfolgen. (Vgl. Anhang.)

[1]) Die von verschiedenen Seiten aufgestellte Forderung, für die Einteilung der Papiere nicht nur die Mittelwerte vorzuschreiben, sondern auch für das

Den Bruch: Länge durch Gewicht des Streifens, mit welchem man, wie oben gezeigt, die durch den Versuch gefundene Bruchlast multiplizieren muß, um die Reißlänge zu erhalten, nennt man die **Feinheitsnummer** des Papiers. Da sich diese bei gleicher Länge der Probestreifen für unsere gewöhnlichen Schreib- und Druckpapiere innerhalb gewisser Grenzen bewegt, so ist eine Tabelle aufgestellt worden, welche bei einer Streifenlänge von 0,18 m für die am meisten vorkommenden Gewichte (0,100 bis 0,419 g) die direkte Ablesung der Feinheitsnummer gestattet. (S. 37)

Mit Hilfe der Tabelle vereinfacht sich die Berechnung der Reißlänge bedeutend, indem man nur die unter dem Werte für das mittlere Trockengewicht der geprüften fünf Streifen stehende Zahl mit der mittleren Bruchbelastung in Kilogramm und mit 1000 zu multiplizieren hat, um die Reißlänge in Metern zu erhalten.

Für diese Multiplikation bedient man sich, wenn es nicht auf besonders große Genauigkeit ankommt, zweckmäßig eines Rechenschiebers, oder bei genaueren Arbeiten einer Rechentafel, z. B. der von **Grelle** (Multiplikation und Division aller Zahlen unter 1000).

Eine Erleichterung für die Berechnung der Reißlänge mit Hilfe der **Hoyerschen** Formel (S. 34) bietet die nachstehende

Tabelle zur Bestimmung der Reißlänge nach Hoyer bei Verwendung von 180 mm langen und 15 mm breiten Probestreifen.

Bruchlast	Quadratmetergewicht in g																
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
1	1333	1212	1111	1026	952	889	833	784	741	702	666	635	606	579	555	533	513
2	2666	2424	2222	2051	1905	1778	1667	1568	1481	1403	1333	1269	1212	1159	1111	1066	1025
3	4000	3636	3333	3077	2857	2667	2500	2353	2222	2105	2000	1903	1818	1739	1666	1599	1538
4	5334	4848	4444	4103	3809	3556	3334	3137	2963	2807	2667	2539	2424	2318	2222	2133	2052
5	6666	6060	5555	5128	4762	4444	4167	3921	3704	3509	3333	3174	3030	2898	2777	2666	2564
6	.	.	6666	6154	5714	5333	5000	4706	4444	4211	4000	3809	3636	3478	3333	3199	3077
7	.	.	.	.	6667	6222	5834	5490	5185	4912	4667	4444	4243	4058	3888	3733	3590
8	.	.	.	.	.	.	6667	6274	5926	5614	5334	5079	4849	4637	4444	4266	4102
9	.	.	.	.	.	.	.	.	6667	6316	6000	5714	5455	5217	4999	4799	4615
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6667	6349	6061	5797	5555	5333	5128
11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6667	6376	6111	5866	5642
12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6667	6399	6154

Die an den Kreuzungsstellen für Bruchlast und Quadratmetergewicht stehenden Zahlen bedeuten die Reißlängen in Metern.

Verhältnis der Querfestigkeit zur Längsfestigkeit Bestimmungen zu treffen, wird man auf die Dauer nicht von der Hand weisen können.

Tabelle zur Bestimmung der Feinheitsnummer.

Die **starkgedruckten** Zahlen beziehen sich auf das Gewicht eines Streifens von 0,18 m Länge, die darunter stehenden **schwachgedruckten** geben die zugehörigen Feinheitsnummern an.

0,100	**0,120**	**0,140**	**0,160**	**0,180**	**0,200**	**0,220**	**0,240**	**0,260**	**0,280**	**0,300**	**0,320**	**0,340**	**0,360**	**0,380**	**0,400**
1,800	1,500	1,286	1,125	1,000	0,900	0,818	0,750	0,692	0,643	0,600	0,563	0,529	0,500	0,474	0,450
0,101	**0,121**	**0,141**	**0,161**	**0,181**	**0,201**	**0,221**	**0,241**	**0,261**	**0,281**	**0,301**	**0,321**	**0,341**	**0,361**	**0,381**	**0,401**
1,782	1,488	1,277	1,118	0,994	0,896	0,814	0,747	0,690	0,641	0,598	0,561	0,528	0,499	0,472	0,449
0,102	**0,122**	**0,142**	**0,162**	**0,182**	**0,202**	**0,222**	**0,242**	**0,262**	**0,282**	**0,302**	**0,322**	**0,342**	**0,362**	**0,382**	**0,402**
1,765	1,475	1,268	1,111	0,989	0,891	0,811	0,744	0,687	0,638	0,596	0,559	0,526	0,497	0,471	0,448
0,103	**0,123**	**0,143**	**0,163**	**0,183**	**0,203**	**0,223**	**0,243**	**0,263**	**0,283**	**0,303**	**0,323**	**0,343**	**0,363**	**0,383**	**0,403**
1,748	1,463	1,259	1,104	0,984	0,887	0,807	0,741	0,684	0,636	0,594	0,557	0,525	0,496	0,470	0,447
0,104	**0,124**	**0,144**	**0,164**	**0,184**	**0,204**	**0,224**	**0,244**	**0,264**	**0,284**	**0,304**	**0,324**	**0,344**	**0,364**	**0,384**	**0,404**
1,731	1,452	1,250	1,998	0,978	0,882	0,804	0,738	0,682	0,634	0,592	0,556	0,523	0,495	0,469	0,446
0,105	**0,125**	**0,145**	**0,165**	**0,185**	**0,205**	**0,225**	**0,245**	**0,265**	**0,285**	**0,305**	**0,325**	**0,345**	**0,365**	**0,385**	**0,405**
1,714	1,440	1,241	1,091	0,973	0,878	0,800	0,735	0,679	0,632	0,590	0,554	0,522	0,493	0,468	0,444
0,106	**0,126**	**0,146**	**0,166**	**0,186**	**0,206**	**0,226**	**0,246**	**0,266**	**0,286**	**0,306**	**0,326**	**0,346**	**0,366**	**0,386**	**0,406**
1,698	1,429	1,233	1,084	0,968	0,874	0,796	0,732	0,677	0,629	0,588	0,552	0,520	0,492	0,466	0,443
0,107	**0,127**	**0,147**	**0,167**	**0,187**	**0,207**	**0,227**	**0,247**	**0,267**	**0,287**	**0,307**	**0,327**	**0,347**	**0,367**	**0,387**	**0,407**
1,682	1,417	1,224	1,078	0,963	0,870	0,793	0,729	0,674	0,627	0,586	0,550	0,519	0,490	0,465	0,442
0,108	**0,128**	**0,148**	**0,168**	**0,188**	**0,208**	**0,228**	**0,248**	**0,268**	**0,288**	**0,308**	**0,328**	**0,348**	**0,368**	**0,388**	**0,408**
1,667	1,406	1,216	1,071	0,957	0,865	0,789	0,726	0,672	0,625	0,584	0,549	0,517	0,489	0,464	0,441
0,109	**0,129**	**0,149**	**0,169**	**0,189**	**0,209**	**0,229**	**0,249**	**0,269**	**0,289**	**0,309**	**0,329**	**0,349**	**0,369**	**0,389**	**0,409**
1,651	1,395	1,208	1,065	0,952	0,861	0,786	0,723	0,669	0,623	0,583	0,547	0,516	0,488	0,463	0,440
0,110	**0,130**	**0,150**	**0,170**	**0,190**	**0,210**	**0,230**	**0,250**	**0,270**	**0,290**	**0,310**	**0,330**	**0,350**	**0,370**	**0,390**	**0,410**
1,636	1,385	1,200	1,059	0,947	0,857	0,783	0,720	0,667	0,621	0,581	0,545	0,514	0,486	0,462	0,439
0,111	**0,131**	**0,151**	**0,171**	**0,191**	**0,211**	**0,231**	**0,251**	**0,271**	**0,291**	**0,311**	**0,331**	**0,351**	**0,371**	**0,391**	**0,411**
1,622	1,374	1,192	1,053	0,942	0,853	0,779	0,717	0,664	0,619	0,579	0,544	0,513	0,485	0,460	0,438
0,112	**0,132**	**0,152**	**0,172**	**0,192**	**0,212**	**0,232**	**0,252**	**0,272**	**0,292**	**0,312**	**0,332**	**0,352**	**0,372**	**0,392**	**0,412**
1,607	1,364	1,184	1,047	0,937	0,849	0,776	0,714	0,662	0,616	0,577	0,542	0,511	0,484	0,459	0,437
0,113	**0,133**	**0,153**	**0,173**	**0,193**	**0,213**	**0,233**	**0,253**	**0,273**	**0,293**	**0,313**	**0,333**	**0,353**	**0,373**	**0,393**	**0,413**
1,593	1,353	1,176	1,040	0,933	0,845	0,773	0,711	0,659	0,614	0,575	0,541	0,510	0,483	0,458	0,436
0,114	**0,134**	**0,154**	**0,174**	**0,194**	**0,214**	**0,234**	**0,254**	**0,274**	**0,294**	**0,314**	**0,334**	**0,354**	**0,374**	**0,394**	**0,414**
1,579	1,348	1,169	1,034	0,928	0,841	0,769	0,709	0,657	0,612	0,573	0,539	0,508	0,481	0,457	0,435
0,115	**0,135**	**0,155**	**0,175**	**0,195**	**0,215**	**0,235**	**0,255**	**0,275**	**0,295**	**0,315**	**0,335**	**0,355**	**0,375**	**0,395**	**0,415**
1,565	1,333	1,161	1,029	0,923	0,837	0,766	0,706	0,655	0,610	0,571	0,537	0,507	0,480	0,456	0,434
0,116	**0,136**	**0,156**	**0,176**	**0,196**	**0,216**	**0,236**	**0,256**	**0,276**	**0,296**	**0,316**	**0,336**	**0,356**	**0,376**	**0,396**	**0,416**
1,552	1,324	1,154	1,023	0,918	0,833	0,763	0,703	0,652	0,608	0,570	0,536	0,506	0,479	0,455	0,433
0,117	**0,137**	**0,157**	**0,177**	**0,197**	**0,217**	**0,237**	**0,257**	**0,277**	**0,297**	**0,317**	**0,337**	**0,357**	**0,377**	**0,397**	**0,417**
1,538	1,314	1,146	1,017	0,914	0,829	0,759	0,700	0,650	0,606	0,568	0,534	0,504	0,477	0,453	0,432
0,118	**0,138**	**0,158**	**0,178**	**0,198**	**0,218**	**0,238**	**0,258**	**0,278**	**0,298**	**0,318**	**0,338**	**0,358**	**0,378**	**0,398**	**0,418**
1,525	1,304	1,139	1,011	0,909	0,826	0,756	0,698	0,647	0,604	0,566	0,533	0,503	0,476	0,452	0,431
0,119	**0,139**	**0,159**	**0,179**	**0,199**	**0,219**	**0,239**	**0,259**	**0,279**	**0,299**	**0,319**	**0,339**	**0,359**	**0,379**	**0,399**	**0,419**
1,513	1,295	1,132	1,006	0,905	0,822	0,753	0,695	0,645	0,602	0,564	0,531	0,501	0,475	0,451	0,430

Bei Bruchlasten mit Dezimalen, z. B. 4,7 kg, entnimmt man zuerst die Reißlänge für die ganze Zahl, also für 4 z. B. 5334 m bei 50 g schwerem Papier, und addiert hierzu das Produkt aus 0,7 × der Reißlänge für 1 kg (1333) also: $5334 + 0{,}7 \cdot 1333 = 6267$ m.

Bei Quadratmetergewichten, die nicht wie die in der Tabelle aufgeführten durch 5 teilbar sind, z. B. 87, entnimmt man zunächst die Reißlänge für die nächst untere Gewichtszahl, also hier für 85 (z. B. 5490 m für die Bruchlast 7 kg), und zieht hiervon ab das Produkt aus der Reißlängendifferenz für die nächst höhere und nächst untere Gewichtszahl, also hier für 90 g und 85 g ($5490 - 5185 = 305$) mit $\frac{2}{5}$[1]), also $5490 - \frac{2}{5} \cdot 305 = 5358$ m.

Auf die Berechnung des Arbeitsmoduls, der den Begriff der Reißlänge und Dehnung in sich vereinigt, indem er den Arbeitsaufwand und zwar in Meterkilogramm darstellt, bezogen auf 1 g Papier, soll nicht eingegangen werden, da von der Einreihung des Arbeitsmoduls in die für die Normalpapiere aufgestellten Tabellen Abstand genommen ist.[2]) Wer sich eingehender hierüber unterrichten will, findet nähere Angaben in der Originalarbeit von Hartig (Papierzeitung 1881).

Rehses Papierprüfer.[3])

Dieser Papierprüfer unterscheidet sich von den bisher besprochenen zunächst dadurch, daß beim Prüfen nicht Streifen, sondern Blättchen von Papier zur Verwendung kommen. Die Kraft wird durch eine Feder ausgeübt, welche auf einen Stempel drückt, der das fest gespannte Papier durchlochen soll (Fig. 19).

In einer Hülse *a*, auf welcher eine Millimeterteilung angebracht ist, befindet sich eine Feder *b*, welche auf der einen Seite auf eine Scheibe *c* drückt, an welcher ein kleiner Stempel *d* befestigt ist.

Von der anderen Seite der Scheibe *c* geht ein Stift *e* durch das Innere der Feder *b* und berührt mit seinem Ende den Stift *f*, welcher ebenfalls eine Millimeterteilung trägt und in einer Führung *g*, an welcher ein Nonius angebracht ist, verschoben werden kann. Diese

[1]) Bei 86 wäre mit $^1/_5$, bei 88 mit $^3/_5$ und bei 89 mit $^4/_5$ zu multiplizieren, desgleichen bei 81 mit $^1/_5$, 82 mit $^2/_5$, 83 mit $^3/_5$ und 84 mit $^4/_5$.

[2]) Vgl. a. Hoyer, Entstehung und Bedeutung der Papiernormalien. 1888 S. 13.

[3]) Martens gibt im Ergänzungsheft III der „Mitteilungen a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1887“ eine ausführliche Beschreibung des Apparates unter Mitteilung von Versuchsergebnissen.

Führung *g*, die als Fortsetzung eine Schraubenspindel *h* besitzt, welche in die an der Hülse *a* befestigte Schraubenmutter *i* hineingeschraubt werden kann, ist an einer Hülse *k* angebracht; diese Hülse *k*, deren Umfang in 100 Teile geteilt ist, gleitet über Hülse *a* weg.

Der Handgriff *l* an der Scheibe *c*, welcher in einen Schlitz vorgeschoben werden kann, dient dazu, den Stempel *d* während des Einspannens niederzudrücken. Das Einspannen des Papiers erfolgt bei *n*, indem der Deckel *o*, welchen Fig. 19 auch im Durchschnitt darstellt, durch die Schraube *p* gegen das Ende der Hülse *a* gedrückt wird, und zwar paßt eine Erhöhung des Deckels *o* in eine Vertiefung der Hülsenwand, so daß das Papier ganz gleichmäßig eingespannt wird. Die Prüfung geschieht in folgender Weise.

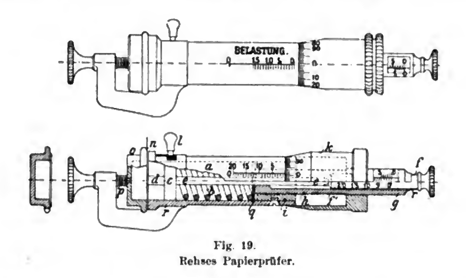


Fig. 19.
Rehses Papierprüfer.

Nachdem das Papier, welches man am besten in Blättchen von 3 qcm schneidet, bei *n* eingespannt ist und beide Millimeterteilungen auf Null eingestellt sind, wird durch Hülse *k* die Schraubenspindel *h* vorwärtsgeschraubt, wodurch auf die Feder *b* ein Druck ausgeübt wird. Um diesen Druck gleichmäßig auf die Feder *b* zu verteilen, ist zwischen der Feder und der Schraubenspindel ein loses dünnes Scheibchen *q* angebracht, welches im Mittelpunkt durchlocht ist, und welchem der Stift *e* als Führung dient. Der Druck der Feder überträgt sich nun auf die mit dem Stempel *d* versehene Scheibe *c*, und der Stempel dehnt das Papier, bis die Federspannung der Kraft, welche zum Durchdrücken des Papiers erforderlich ist, entspricht. Der Stift *f* wird von der Führung *g* mitgenommen; er ist an der Drehung in der Hülse durch die Nute und Feder *r* verhindert und gibt, da er mit *e* in steter Berührung bleibt, in seiner Verschiebung gegen *g* die Bruchbelastung an, während die Ablesung an der Hülse *a* die Summe von Bruchbelastung und Dehnung anzeigt.

Zieht man also von der an der Hülse *a* abgelesenen Größe die an dem Stift *g* abgelesene ab, so ergibt sich eine Größe, welche der Durchbiegung des Papiers entspricht.

Im Papierlager zur schnellen Vergleichung verschiedener Papiersorten kann dieser kleine Apparat vielleicht oft mit Vorteil verwendet werden. Zur Ermittelung von Reißlänge und Dehnung ist er nicht geeignet.

Kurz hingewiesen sei noch auf die Festigkeitsprüfer von Southworth und Mullen, bei denen ebenfalls wie beim Rehseschen ein fest eingespanntes Papierblatt durch geeignete Vorkehrungen durchgedrückt wird[1]) wobei Berstdruck und Durchbiegung des Blattes bestimmt werden. Reißlänge und Dehnung lassen sich aus diesen Werten nicht berechnen.

Instandhalten von Papier-Prüfungsapparaten.

In den Zeugnissen, die das Materialprüfungsamt über die Prüfung von Versuchsapparaten ausstellt, wird stets besonders darauf hingewiesen, daß man nur dann erwarten kann, zuverlässige Prüfungsergebnisse zu erzielen, wenn die Apparate an einem geeigneten Ort aufgestellt und dauernd in gutem Zustand erhalten werden. Der Papiermaschinensaal z. B. ist für die Aufstellung nicht geeignet, weil der hohe Feuchtigkeitsgehalt der Luft sehr bald Rosten der Eisenteile herbeiführt. Das gleiche gilt für Laboratorien, in denen chemische Arbeiten ausgeführt werden, weil die hier nicht zu vermeidenden Säuredämpfe zerstörend auf die nicht geschützten Metallteile einwirken. Am besten wird sich ein zu Schreibzwecken benutzter Raum zur Aufstellung der Festigkeitsprüfer usw. eignen, weil hier schädliche Einflüsse am wenigsten zu erwarten sind.

Ist den Anforderungen an einen geeigneten Aufstellungsort entsprochen, dann versäume man nicht, der ständigen Pflege der Apparate seine Aufmerksamkeit zu widmen; am besten werden die Instrumente stets mit einem Kasten oder Tuch überdeckt und nur für die Dauer der Versuchsausführung freigelegt, damit übermäßiges Verstauben verhindert wird. Trotz dieser Vorsichtsmaßregeln ist natürlich von Zeit zu Zeit gründliche Reinigung erforderlich; Staub und dick gewordenes Fett werden entfernt, die blanken Eisenteile mit einem Fettläppchen abgerieben und die Teile, die starker Reibung ausgesetzt sind, vorsichtig mit gutem Schmieröl geschmiert.

---

[1]) Abbildung und Beschreibung dieser Prüfer gibt Wirtz in der Papier-Zeitung 1904 S. 1540.

Pflegt man die Apparate in dieser Weise, so wird man seine Freude an ihnen haben, und der Versuchsausführende wird bestrebt sein, seine Arbeit dem Zustande der Werkzeuge anzupassen. Leider trägt man den geschilderten Gesichtspunkten nicht überall genügend Rechnung, und es erscheint daher angebracht, unter Erwähnung eines Einzelfalles dringend zur Sorgfalt bei der Instandhaltung von Prüfungsvorrichtungen zu ermahnen.

Ein dem Amte zur Prüfung eingesandter Schopperscher Festigkeitsprüfer (30 kg) lieferte nach Angabe des Antragstellers Ergebnisse, die wesentlich von denen der amtlichen Prüfung abwichen, und dies gab Veranlassung, den Apparat zur Prüfung einzusenden; er befand sich in einem sehr bedenklichen Zustande und es ist erstaunlich, daß man ihn überhaupt noch zum Prüfen von Papier benutzt hatte. Die Eisenteile waren durchweg mit einer Rostschicht bedeckt, und Schmutz, Staub und Fett hatten sich an verschiedenen Stellen zu dicken Krusten angehäuft. Zeugte dieser Zustand schon von wenig sorgfältiger Pflege des Apparates, so bewiesen einige Beschädigungen, wie unsachgemäß er behandelt worden war.

Die Lasche, die das Belastungsgewicht mit dem Gewichtshebel verbindet, war verbogen, vermutlich durch plötzliches Herunterfallen des Hebels infolge Versagens der Sperrklinken; letztere konnten nicht sicher wirken, weil sie durch Fett, Staub usw. am leichten zwanglosen Herunterfallen verhindert wurden. Die Verbindung zwischen dem Hebel und dem Gewicht war infolge der verbogenen Lasche so mangelhaft, daß sich das Gewicht in ziemlich weitem Spielraum bewegen konnte. Bei Belastungen unter 4 kg konnten auf diese Weise Fehler von 10—40 $^0/_0$ auftreten.

Der Stift, der die richtige Entfernung der Einspannklemmen beim Beginn des Versuches festlegt, war so stark abgenutzt, daß der Anschlag nicht mehr sicher geführt wurde; es war somit keine Gewähr dafür gegeben, daß die freie Einspannlänge des Probestreifens genau 180 mm war.

Die Führung der Zahnstange des Dehnungshebels war ausgeleiert, und die Feder, welche diese Zahnstange gegen das Zahnsegment drücken soll, fehlte gänzlich.

Daß man mit einem solchen Apparat keine zuverlässigen Werte ermitteln konnte, liegt klar auf der Hand. Bei der großen Bedeutung, welche die Angaben der Prüfungsinstrumente heute für die Praxis haben, sollten die Apparate aber wie Schmuckstücke behandelt werden, damit sie jederzeit auch vor einem kritischen Auge bestehen können. Unsauberes und schlecht behandeltes Rüstzeug führt zu mangelhafter Arbeit und somit zu einer Schädigung des Besitzers. Werden dem Prüfenden Apparate und Instrumente

in gutem Zustande übergeben, so wird er auch bestrebt sein, gute und brauchbare Arbeit zu liefern. Kann er sie in diesem Zustande nicht erhalten, so liefert er hierdurch einen wichtigen Anhaltspunkt zur Beurteilung seiner Brauchbarkeit.

Widerstand gegen Zerknittern und Falzen.

Reißlänge und Dehnung geben uns nur bis zu einem gewissen Grade einen Anhalt zur Beurteilung der Festigkeitseigenschaften eines Papiers; sie reichen nicht aus zur Gewinnung eines abschließenden Bildes über das voraussichtliche Verhalten des Papiers gegenüber mechanischen Einwirkungen, denen es während seiner Verwendung ausgesetzt ist. Hierbei werden noch andere Eigenschaften des Papierblattes in Anspruch genommen, für welche Reißlänge und Dehnung nicht immer einen Maßstab abgeben, nämlich der Widerstand, den das Blatt dem Biegen, Falzen, Zusammendrücken, Knittern, Abnutzen und ähnlichen Einwirkungen entgegensetzt; dieser Widerstand spielt bei der praktischen Verwendung des Papiers vielfach eine große Rolle.

Nun verläuft der Knitterwiderstand im großen und ganzen parallel den durch Reißlänge und Dehnung zum Ausdruck gebrachten Eigenschaften, d. h. bei hohen Werten für Reißlänge und Dehnung zeigt das Papier meist auch einen hohen Widerstandsgrad gegen Reiben und Knittern.

Dies trifft aber nicht immer zu; es gibt auch Papiere, die bei hohen Werten für Reißlänge und Dehnung mechanischen Einwirkungen obengenannter Art nur wenig Widerstand entgegensetzen und daher für praktische Verwendungszwecke, namentlich für viel gebrauchte Schriftstücke, Karten, Druckwerke usw. nicht geeignet sind. Dieser Umstand gab s. Z. Veranlassung zur Einführung des Knitterversuches in die amtliche Papierprüfung.

In der Praxis wurde dieser Versuch lange ausgeführt, bevor es eine amtliche Papierprüfung gab, wohl der beste Beweis dafür, daß ein Bedürfnis hierfür vorlag; man hat ihn in Fachkreisen sehr treffend als „Waschversuch“ bezeichnet, weil das Papier bei der Versuchsausführung, natürlich im trockenen Zustand, ähnlich behandelt wird wie die Wäsche beim Waschen mit der Hand. Der Versuch ist demnach subjektiv, von der Person des Prüfenden abhängig; verschiedene Bemühungen, mechanisch wirkende Vorrichtungen zu schaffen, die das Papier in gleicher Weise beanspruchen, sind gescheitert und man dürfte ihnen auch wohl für die Znkunft Aussicht auf Erfolg absprechen müssen.

Daß einem solchen Handversuch Mängel anhaften, muß ohne weiteres zugegeben werden. Diese sind aber bei weitem nicht, wie

von manchen Stellen behauptet worden ist, so groß, daß sie den Versuch wertlos machen. Wer sich durch stete Übung mit dem Verfahren gut vertraut gemacht hat, erlangt eine große Sicherheit in der Abstufung der Papiere nach dem Knitterwiderstand.

Wenn auch nunmehr bei der Prüfung der Normalpapiere die Handknitterung gefallen und seit 1905 an ihre Stelle die Prüfung mit Hilfe des später zu besprechenden Schopperschen Falzers getreten ist, so wird die Prüfung von Papier durch Handreibung für die Praxis immer ihren Wert behalten. Sie kann überall ohne weiteres ausgeführt werden, da der Prüfende die erforderlichen Apparate immer bei sich führt, und sie gibt so kurzerhand Aufschluß über sehr wichtige Eigenschaften des Papiers. Es kann daher jedem Papiermacher und Papierverbraucher nur dringend angeraten werden, sich mit diesem Handversuch, obwohl er bei der Normalpapierkontrolle, wie schon erwähnt, nicht mehr angewendet wird, vertraut zu machen und durch ständiges Üben Sicherheit in der Beurteilung zu erlangen.

Wie sehr diejenigen, die sich diesem einfachen Prüfungsverfahren gegenüber immer noch ablehnend verhalten, oft ohne es auf Grund eigener Erfahrung zu kennen, sich selbst schaden, möge nachstehender Fall zeigen; vielleicht trägt er mit dazu bei, grundlose Vorteile zu beseitigen.

Der Direktor einer bedeutenden Papierfabrik, begleitet von einigen seiner Beamten, beklagte sich s. Z. darüber, daß die Papiere seiner Fabrik so häufig wegen zu geringen Widerstandes gegen Zerknittern beanstandet wurden; er müsse dies um so mehr beklagen, als die Papiere in den übrigen Eigenschaften für ausreichend befunden worden seien und ihm eine Beanstandung auf Grund der Handknitterung, welche doch auf Zuverlässigkeit keinen Anspruch machen könne, nicht angebracht erscheine.

Auf die Frage, ob er selbst oder einer seiner Beamten mit der Handknitterung praktische Erfahrungen gesammelt, insbesondere seine eigenen Papiere geprüft hätte und so zu dem ungünstigen Urteil über das Knittern gekommen sei, erfolgte eine verneinende Antwort.

Es wurde den Herren hierauf Gelegenheit gegeben, sich mit der Handknitterung vertraut zu machen; sie führten Reibversuche mit ihren eigenen Papieren und mit anderen Sorten von verschiedener Festigkeit aus, bis sie erklärten, mit der Art der Ausführung genügend vertraut zu sein, um in der Fabrik weitere Versuche vornehmen zu können. Bei ihrem Fortgange wurde ihnen der Rat erteilt, wenn möglich die Versuche von mehreren Beobachtern (Werkführer, Maschinenführer, Kontorbeamte usw.) ausführen zu lassen; ergäben

sich hierbei verschiedene Urteile, so seien die Versuche zu wiederholen, und mit der wachsenden Anzahl der Einzelurteile würde man dem wirklichen Widerstandsgrade immer näher kommen.

Nach längerer Zeit ging folgendes Schreiben ein:

„Ich bin erfreut, Ihnen die Mitteilung machen zu können, daß unsere Anwesenheit bei Ihnen von großem Nutzen war; wir haben uns heute in die bislang auch hier angefochtene Methode über die Untersuchung in bezug auf den Widerstand gegen Zerknittern hineingefunden, und ich bin mit Ihnen der Ansicht, daß eine bessere Methode bisher nicht existiert, auch vorderhand schwerlich gefunden werden dürfte, da man durch das jetzige Verfahren in den Stand gesetzt ist, gleich an der Papiermaschine ohne Zeitverlust zu prüfen; selbstredend gehört Übung und selbst gesammelte Erfahrung dazu, um mit einiger Sicherheit prüfen zu können."

Die Ausführung des Versuches geschieht in folgender Weise:

Ein Stück des zu prüfenden Papiers, etwa 21 $\times$ 21 cm groß, wird zunächst fest zusammengeballt, dann wieder aufgewickelt, wieder zusammengedrückt und so wiederholt behandelt, bis der Bogen seine Steifheit verloren hat und durch das mehrmalige Zusammendrücken weich und lappig geworden ist.[1])

Das so vorbehandelte Blatt wird dann an zwei gegenüberliegenden Seiten gefaßt und zwischen den Handballen in der Richtung senkrecht zu den Seiten hin und her gerieben. Dann faßt man es an den beiden anderen Seiten und reibt in gleicher Weise.

So stets die Richtungen wechselnd, fährt man fort, bis das Blatt durchgerieben ist. Man gewöhne sich von vornherein daran, beim Reiben in jeder Richtung stets die gleiche Anzahl von Hin- und Herreibungen auszuführen, da man auf diese Weise bis zu einem gewissen Grade einen zahlenmäßigen Anhalt zur Beurteilung erhält. Man zählt hierbei nicht die einzelnen Hin- und Herreibungen bis zum Bruch, sondern wie oft man in den beiden Richtungen zusammen die Reibungsreihe, die sich der Beobachter angeeignet hat, wiederholen kann, ehe das Blatt zu Bruch geht.

Ob die Reibungsreihe aus beispielsweise fünf, oder weniger oder mehr Hin- und Herreibungen besteht, ist Sache eines jeden Prüfenden und wird mehr oder weniger von Zufälligkeiten abhängen. Hat man sich aber an eine bestimmte Anzahl gewöhnt, und dahin strebe man von vornherein, dann behalte man sie auch stets bei.

---

[1]) Bauer empfiehlt in der Papier-Zeitung 1895 S. 1933 das Papier für den Reibversuch nicht durch Zusammenballen mit der Hand, sondern dadurch vorzubereiten, daß man es in der Längs-, Quer- und Diagonalrichtung zwischen Gaufrierwalzen durchgehen läßt.

Papiere von sehr geringer Festigkeit, wie z. B. viele Sorten Zeitungsdruck, zeigen schon nach der geschilderten Vorbehandlung, dem Zusammenballen, Bruchstellen in Gestalt mehr oder weniger großer Löcher. Das Aneinanderhaften der Fasern untereinander ist so schwach, daß sie schon durch das bloße Zusammendrücken des Papiers teilweise ihren Zusammenhang verlieren; mit solchem Material kann man den eigentlichen Reibversuch kaum ausführen, da das Blatt schon zu Anfang sofort durchgerieben wird.

Für solche Erzeugnisse kommt der niedrigste Grad der Beurteilung „außerordentlich gering“ in Anwendung.

Von den Papieren nun, die schon beim Zusammenballen ihren Zusammenhang verlieren, herauf bis zu den festesten und zähesten, welche erst nach einer großen Anzahl von Hin- und Herreibungen durchgerieben werden, sind verschiedene Abstufungen hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen das Reiben möglich. Um diese zu kennzeichnen, sind folgende Beurteilungsgrade allgemein eingeführt worden:

außerordentlich gering
sehr gering
gering
mittelmäßig
ziemlich groß
groß
sehr groß
außerordentlich groß.

Dem Laien wird es zunächst unwahrscheinlich erscheinen, daß man Papiere durch ein Handverfahren in so weitgehender Weise soll abstufen können; eine kurze Zeit eigener Versuche aber wird ihn von der Möglichkeit überzeugen.

Die Ausführung des Versuches muß, wie auch die Bestimmung der Reißlänge und Dehnung, bei stets gleicher Luftfeuchtigkeit, also zweckmäßig bei 65$^0/_0$ erfolgen; bei trockener Luft fällt das Ergebnis der Prüfung anders aus als bei feuchter.

Hat das Papier unter anderen Verhältnissen gelagert oder wird es z. B. in der Fabrik von der Maschine weg entnommen, so muß man ihm durch Auslegen oder Aushängen Zeit lassen, sich dem Feuchtigkeitszustande des Versuchsraumes anzupassen.

Um den vorher erwähnten Einfluß der Person des Versuchsausführenden auf das Ergebnis nach Möglichkeit auszuschließen, lasse man den Versuch, wenn irgend möglich, von mehreren Personen gleichzeitig ausführen. Ergeben sich hierbei Unterschiede, so werden Kontrollversuche ausgeführt. Je mehr Versuche ausge-

führt werden, ein um so zutreffenderes Bild wird man von dem Widerstandsgrade des betreffenden Papiers gewinnen.

Ist man bei der Prüfung auf seine Person allein angewiesen, so begnüge man sich wenigstens nicht mit einem Versuch, sondern führe deren zwei bis drei aus.

Bei dem Hinweis auf die Notwendigkeit weiterer Festigkeitsprüfungen außer der Bestimmung der Reißlänge und Dehnung wurde erwähnt, daß die Werte für Reißlänge, Dehnung und Widerstand gegen Reiben nicht immer parallel verlaufen. Hierfür mögen, nachdem nunmehr die Art und Ausführung des Versuches geschildert worden ist, nachstehend einige Beispiele gegeben werden:[1])

Mittlere Reißlänge	Mittlere Dehnung	Widerstand gegen Zerknittern
	Normalpapiere 3b	
3275 m	2,6 %	gering
3350 „	2,4 „	gering
3475 „	2,3 „	sehr gering
3525 „	2,2 „	gering
3550 „	3,0 „	gering
3575 „	2,3 „	gering
3650 „	2,4 „	gering
3750 „	2,5 „	gering
3975 „	2,6 „	gering
4775 „	3,7 „	mittelmäßig
	Normalpapiere 4a	
3750 „	2,6 %	sehr gering
4200 „	2,7 „	gering
4675 „	2,7 „	gering
4675 „	2,8 „	sehr gering
	Normalpapiere 4b	
3850 „	2,0 %	sehr gering
3875 „	2,3 „	gering
4200 „	2,4 „	gering
4875 „	2,5 „	mittelmäßig
5020 „	3,4 „	„
	Normalpapier 8a	
3000 „	2,9 %	gering
	Normalpapier 8b	
3175 „	2,5 %	sehr gering

[1]) Weitere Beispiele und Erläuterungen sind in den Mitteilungen a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1895 S. 43 und 1899 S. 57 veröffentlicht.

Pergamynpapiere

Mittlere Reißlänge	Mittlere Dehnung	Widerstand gegen Zerknittern
5925 m	2,1 %	gering
6175 „	2,1 „	gering
6200 „	2,0 „	gering

Dies sind Beispiele dafür, daß zur Beurteilung der Verwendungsfähigkeit eines Papiers Reißlänge und Dehnung allein nicht ausreichen, und daß es unumgänglich notwendig ist, den Widerstand gegen Zerknittern und Reiben oder den Falzwiderstand mit heranzuziehen.

Es erscheint im Interesse der Fachkreise angebracht, hierauf immer wieder hinzuweisen, da die Ansicht, daß bei genügender Reißlänge und Dehnung auch der Widerstand gegen Zerknittern oder Falzen genügend sein müsse, immer wieder zum Ausdruck gebracht wird.

Wie schon erwähnt, sind alle bisher gemachten Versuche, die eigenartige Beanspruchung, die das Papier bei der Handknitterung erfährt, auf mechanischem Wege zu erzielen, gescheitert. Bei der Eigenart des Versuches, bei dem subjektives Empfinden eine gewisse Rolle spielt, konnte man den Bestrebungen genannter Art einen Erfolg auch kaum in Aussicht stellen. Aussichtsvoller erschien der Weg, neue Prüfungsverfahren zu suchen, deren Ergebnisse eine ähnliche Abstufung der Papiere gestatteten wie die verschiedenen Widerstandsstufen.

In dieser Hinsicht sind drei Vorschläge zu erwähnen, nämlich die von Kirchner, Pfuhl und Schopper.

Kirchners Kniffrolle.

Winkler hat in seinem 1887 herausgegebenen „Papierkenner" zuerst den Vorschlag gemacht, gefalzte Papierstreifen zu prüfen und den Unterschied festzustellen, den diese in der Festigkeit und Dehnbarkeit gegenüber den ungefalzten Streifen zeigen. Dieser Unterschied, von Winkler „Falzverlust" genannt, sollte zur Beurteilung der „Biegsamkeit" des Papiers dienen.

Das Falzen wird hierbei durch eine besondere Vorrichtung bewirkt, indem die Streifen zwischen zwei aufeinander geschliffene Stahlplatten, welche durch ein Scharnier verbunden sind, gelegt und mit einem durch Hebeldruck bewegbaren, 100 kg schweren Gewicht belastet werden.

Kirchner schlug vor,[1]) statt des Gewichtes eine Rolle zur Hervorbringung des Falzes zu benutzen, weil hierdurch eine größere

[1]) Wochenblatt für Papierfabrikation 1894 Nr. 8—9.

Gleichmäßigkeit bei der Erzeugung der Falze gesichert sei; er schlug dann weiter vor, die Beurteilung des Papiers durch die Handknitterung fallen zu lassen und an Stelle dessen die Beurteilung auf Grund des Falzverlustes zu setzen, von der Annahme ausgehend, daß bei spröden und brüchigen Papieren der Falzverlust groß, bei festen und widerstandsfähigen klein sei; er hat eine Reihe von Papieren im gefalzten und ungefalzten Zustande geprüft und den Falzverlust ermittelt.

Der Kirchnersche Kniffapparat besteht aus einer eisernen Rolle, welche auf ihrem äußersten, 19 mm breiten Umfange zylindrisch abgedreht ist, und aus einer ebenen, wagerecht ausgerichteten, mit erhabenen Rändern versehenen eisernen Bahn, in welcher die Rolle hin und her bewegt werden kann (Fig. 20).



Fig. 20.
Kirchners Kniffrolle.

Das Kniffen der Papierstreifen wird in folgender Weise ausgeführt. Die Enden der 15 mm breiten Probestreifen werden so aufeinandergelegt, daß sich beim Zusammendrücken die zwei Streifenhälften deckend aufeinanderlegen. Dieser leicht zusammengefaltete Streifen wird so in die Rinne der Bahn gelegt, daß die Längskanten des Streifens parallel zu den Führungsrändern der Rinne verlaufen. Hierauf wird die Rolle von den freien Streifenenden her durch leisen seitlichen Druck über den Probestreifen geführt und dieser auf diese Weise einmal stark gekniffт. Der Streifen wird dann aus der Rinne genommen, in dem Falz in der entgegengesetzten Richtung umgelegt und zum zweiten Male gekniffт. Beim zweiten Kniffen läßt man jedoch das Gewicht nicht von den freien Streifenenden gegen den Falz rollen, sondern gegen diesen direkt.

Nachdem man auf diese Weise je 5 Streifen aus der Maschinenrichtung und Querrichtung gekniffт hat, ermittelt man ihre Festigkeit und Dehnung in gleicher Weise, wie man zuvor die Festigkeit des betreffenden Papiers an ungekniffтen Streifen bestimmt hat. Die Einbuße, welche die Papiere durch das Falzen in ihrer Festigkeit

erleiden, der sogenannte „Kniffverlust“ oder „Falzverlust“, wird in Prozenten der ursprünglichen Bruchbelastung und Dehnung ausgedrückt.

In der ehemaligen Charlottenburger Versuchsanstalt wurde zur Beurteilung des Kirchnerschen Vorschlages eine Reihe von Versuchen ausgeführt.[1])

Der Prüfung wurden insgesamt 87 Normalpapiere, aus 27 verschiedenen Fabriken herrührend, zugrunde gelegt, und zwar zunächst Proben jeder Verwendungsklasse von 1—4b, welche die Bedingungen für ihre jeweilige Klasse erfüllten; es waren dies

8	Papiere	der	Klasse	1	aus	5	verschiedenen Fabriken
10	„	„	„	2a	„	6	„ „
10	„	„	„	2b	„	7	„ „
10	„	„	„	3a	„	5	„ „
10	„	„	„	3b	„	8	„ „
10	„	„	„	4a	„	8	„ „
10	„	„	„	4b	„	8	„ „

Außerdem wurden noch 19 Papiere der Klassen 3a—4b, herrührend aus 10 verschiedenen Fabriken, zum Vergleich herangezogen, welche im Widerstand gegen Zerknittern hinter den für die jeweiligen Klassen verlangten Werten um 1—2 Stufen zurückblieben.

Das Kniffen der Streifen wurde mit einer 7500 g schweren Rolle von 150 mm Durchmesser in der vorher geschilderten Weise ausgeführt. (Kniffen und Gegenkniffen durch je einmaliges Überführen der Rolle.)

Die Länge betrug bei allen Streifen 180 mm, die Breite 15 mm. Sämtliche Versuche wurden bei Zimmerwärme und einer Luftfeuchtigkeit von 65 % ausgeführt.

Die bei der Prüfung erhaltenen Werte[2]) zeigten zunächst folgendes:

1. Sowohl in der Maschinenrichtung als auch in der Querrichtung ist der Dehnungs-Falzverlust größer als der Festigkeits-Falzverlust.
2. Der **Festigkeits-Falzverlust** ist in der Maschinenrichtung größer als in der Querrichtung.
3. Der **Dehnungs-Falzverlust** ist in den meisten Fällen in der Maschinenrichtung größer als in der Querrichtung.

Die aus der Maschinenrichtung entnommenen Streifen erleiden also durch das Falzen eine größere Einbuße in ihrer Festigkeit als

---

[1]) Mitteilungen a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1899 S. 269.
[2]) Veröffentlicht in den Mitt. 1899 S. 269.

die Querstreifen; diese Tatsache findet wohl in der Lagerung der Fasern ihre Erklärung. Die Anzahl der Fasern, welche mehr oder weniger parallel zur Maschinenrichtung liegen, ist größer als die der quer hierzu liegenden; demgemäß werden beim Falzen der Streifen aus der Maschinenrichtung mehr Fasern geknickt (und hierdurch geschwächt) als bei den Querstreifen.

Bildet man unter Zugrundelegung der mittleren Falzverluste Gruppen von 5 zu 5 $^0/_0$ und stellt diesen gegenüber die bei den verschiedenen Papieren durch Handknitterung ermittelten Widerstandsstufen, so ergibt sich nachstehende Übersicht.

I. Festigkeits-Falzverluste.

Falzverlust in $^0/_0$	Anzahl der Papiere mit dem Widerstandsgrad					
	gering	mittelmäßig	ziemlich groß	groß	sehr groß	außerordentlich groß
0— 5,9	—	—	—	—	1	1
6—10,9	—	—	4	—	2	2
11—15,9	—	1	3	1	3	—
16—20,9	—	3	9	5	3	2
21—25,9	—	—	5	5	4	—
26—30,9	2	1	3	8	3	—
31—35,9	—	2	2	—	1	—
36—40,9	—	2	—	—	—	—
41—45,9	2	2	1	—	—	—
46—50,9	1	—	1	—	—	—

II. Dehnungs-Falzverluste.

Falzverlust in $^0/_0$	gering	mittelmäßig	ziemlich groß	groß	sehr groß	außerordentlich groß
0— 5,9	—	—	—	—	—	—
6—10,9	—	—	—	—	—	—
11—15,9	—	—	—	—	1	—
16—20,9	—	—	1	—	3	2
21—25,9	—	—	1	—	2	—
26—30,9	—	—	2	1	2	1
31—35,9	—	1	1	1	3	1
36—40,9	—	—	2	4	2	1
41—45,9	—	—	4	5	1	—
46—50,9	2	1	5	3	2	—
51—55,9	—	2	3	1	2	—
56—60,9	1	—	3	2	—	—
61—65,9	—	1	4	1	1	—
66—70,9	1	5	—	—	—	—
71—75,9	1	1	—	1	—	—
76—80,9	—	—	2	—	—	—

Die Zusammenstellung zeigt, daß zwar im allgemeinen mit wachsendem Widerstand gegen Zerknittern der Falzverlust abnimmt, daß aber andererseits bei demselben Knittergrad die Falzverluste beträchtlich schwanken, und ferner, daß bei annähernd gleichem Falzverlust ganz erhebliche Unterschiede im Widerstand gegen Zerknittern vorkommen.

Unterschiede in der Handknitterung von mittelmäßig bis zu außerordentlich groß oder von gering bis zu sehr groß kommen im vorliegenden Falle durch den Falzverlust nicht zum Ausdruck. Diese Unterschiede sind aber so groß, daß sie auch ohne ein ausgebildetes Prüfungsverfahren (z. B. schon durch Einreißen, Umbiegen o. a.) erkannt werden können; wenn die Falzverlustbestimmung für derartig verschiedene Papiere nahezu gleiche Werte ergibt, so kann sie als Prüfungsverfahren nicht in Frage kommen.

Pfuhls Knitterer.

Bei dem Pfuhlschen Knitterer wird ein Papierstreifen zwischen eine Walze und eine gegen diese zu pressende Gummiplatte gebracht, ein Ende festgelegt und dann der Streifen über sich selbst unter Andruck der Gummiplatte einmal hin und her geführt. Die Wirkungsweise ist aus Fig. 21 zu ersehen.

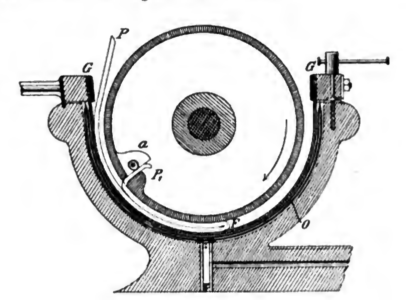


Fig. 21.
Pfuhls Knitterer.

Der Papierstreifen PP_1 wird bei *a* festgelegt und dann die Walze in der Richtung des Pfeiles gedreht; dadurch wird der Streifen umgelegt und ein Teil reibend über den anderen geführt. Durch Einpumpen von Luft von unten her wird die Gummiplatte *G* gegen Papier und Walze gepreßt und der an einem Manometer abzulesende Druck so bemessen, daß der Streifen durch einmaliges

Hin- und Zurückführen zerstört wird. Diesen Druck bezeichnet Pfuhl als Reißdruck.[1]) Auf Grund seiner Versuche hat Pfuhl folgende Beziehungen zwischen den Ergebnissen der Handknitterung und dem Reißdruck festgestellt.

Handknitterung	sehr gering	gering	mittelmäßig	ziemlich groß	groß	sehr groß	außerordentlich groß
Reißdruck in cm Quecksilbersäule.	0—3	3—6	6—16	16—26	26—48	muß bei 50 cm 2—3 maliges Knittern aushalten.	muß bei 50 cm Druck mehr als 3 maliges Knittern aushalten.

Der Pfuhlsche Knitterer ist im Technologischen Gewerbemuseum zu Wien durch Prof. Lauboeck einer eingehenden Prüfung unterzogen worden, die zu dem Ergebnis führte,[2]) daß der Apparat, so wie er jetzt vorliegt, zur Einführung in die Papierprüfung noch nicht geeignet ist. Pfuhl hat den Apparat dann in einigen Punkten geändert.[3]) Prüfungsergebnisse, mit diesem abgeänderten Knitterer ermittelt, sind bisher aber nicht bekannt geworden.

Schoppers Falzer.

Bei dem Schopperschen Falzer wird ein Papierstreifen in ein geschlitztes, hin und her zu bewegendes Blech gelegt und an beiden Enden festgeklemmt; dann ermittelt man die Anzahl Doppelfalzungen, die der Streifen bei bestimmter Zugspannung bis zum Bruch aushält.

Der Falzer (Fig. 22—24) hat ein dünnes, zur Aufnahme des Probestreifens mit einem Schlitz versehenes Stahlblech (Schieber), das sich zwischen zwei Paaren leicht drehbarer Rollen bewegt. Die Rollenpaare sind in den Lagerstücken (12) angebracht und werden durch Klemmschrauben in bestimmter Entfernung von dem Schieberblech festgehalten; die an den Lagerstücken befindlichen Spiralfedern haben nur den Zweck, das genaue Einstellen der Rollenpaare zu erleichtern. Senkrecht zu dem Stahlblech befinden sich die Einspannklemmen (7), die mit ihren pyramidenförmig zugespitzten Verlängerungen in die entsprechend geformten Öffnungen der Hülsen (3) hineinragen. In diesen Hülsen befinden sich die zum Spannen des Probestreifens dienenden Spiralfedern. Durch Anziehen der

[1]) Eine eingehende Beschreibung des Knitterers findet sich in der Papier-Zeitung 1896, Nr. 66—87 und 1898 Nr. 30, 58 und 59.

[2]) Mitteilungen des Technologischen Gewerbemuseums zu Wien 1897 S. 1.

[3]) Papier-Zeitung 1898 Nr. 30, 58, 59 und Rigaer Industriezeitung 1898 Nr. 21—23.

Schrauben (4) kann die Spannung der Spiralfedern erhöht werden. Die jeweilige Spannung wird durch den Stand eines kleinen Stiftes über einer auf der Hülse (3) vorhandenen Teilung angegeben.

Die Hülsen (3) sind in den Haltern (2) beweglich angeordnet und werden, wenn die Stifte (5) gehoben sind, mittels der Spiralfedern (6) so weit gegeneinander geführt, daß die Einspannlänge richtig wird. Nach dem Einspannen des Probestreifens wird durch Herausziehen der Hülsen (3) bis zum Einschnappen der Stifte (5) dem Probe-



Fig. 22.
Schoppers Falzer.

streifen eine kleine Spannung erteilt und die freie Beweglichkeit der Klemmen bewirkt. Um während des Versuches das Heruntersinken der Klemmen zu verhindern, werden letztere durch Rollen (8) gestützt.

Die Anzahl der Hin- und Herfalzungen wird vom Zählrad (18) angezeigt. Das Zählrad ist durch den Hebel (21) mit dem Drücker (20) verbunden und wird beim Reißen des Streifens durch das Zurückprallen der rechten Klemme selbsttätig ausgelöst.

Die Nullage des Schiebers für das Einspannen des Streifens

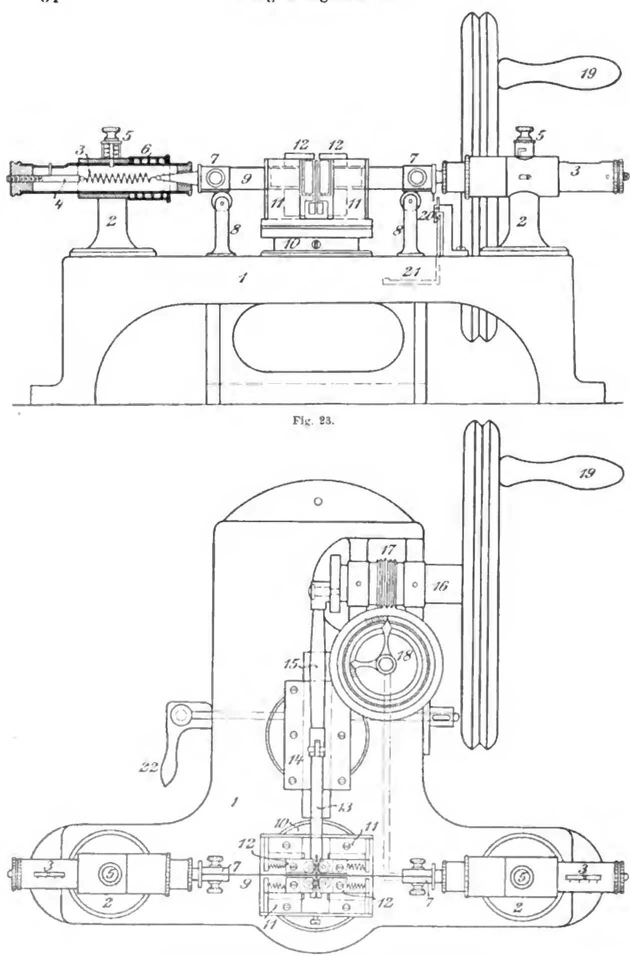


Fig. 23.

Fig. 24.
Vorderansicht und Grundriß des Schopperschen Falzers.

wird beim Umlegen des Hebels (22) durch das Einschnappen des Hebelstiftes in ein auf dem Antriebrad befindliches Loch gegeben.

Die Spannung der Federn ist so gewählt, daß ihr Höchstzug 1000 g beträgt. Papiere, die eine Bruchlast von weniger als 1000 g haben, können somit mit dem Falzer überhaupt nicht geprüft werden, weil der Streifen sofort durch die Federspannung allein zerreißen würde. Für derartig schwache Papiere müßte eine besondere Federspannung und dann naturgemäß auch eine besondere Klassenteilung (S. 57) vorgesehen werden. Hierfür liegt aber z. Z. ein allgemein empfundenes Bedürfnis noch nicht vor. Bei Einführung des Falzers in die amtliche Papierprüfung handelte es sich zunächst lediglich darum, eine Federspannung zu wählen, die für die Prüfung der Normalpapiere geeignet ist; hierfür hat sich die von 1000 g als zweckmäßig und ausreichend erwiesen. Wäre man höher gegangen, so wären die Grenzen der unteren Klassen zu sehr aneinandergerückt; bei geringerer Spannung hätte man anderseits zu hohe Zahlenwerte für die oberen Klassen erhalten.

Die Prüfung wird in folgender Weise ausgeführt.

1. Der Fanghebel (22) wird zurückgeschlagen und das Antriebrad gedreht, bis der Stift einschnappt.
2. Die Fangstifte (5) werden gehoben, wodurch die Klemmen die für das Einspannen bestimmte Lage einnehmen.
3. Der Probestreifen wird in den Schlitz und in die Klemmenöffnungen gelegt, die Klemmschrauben werden fest angezogen.
4. Die Hülsen (3) werden so weit nach außen gezogen, bis die Stifte (5) einschnappen.
5. Das Zählrad (18) wird auf 0 eingestellt und eingerückt.
6. Das Antriebrad wird durch Anziehen des Hebels (22) ausgelöst und dann gleichmäßig mit 100 bis 120 Umdrehungen in der Minute so lange gedreht, bis der Bruch des Streifens eintritt.
7. Die Anzahl Falzungen wird auf dem Zählrad abgelesen.

Der Widerstand gegen Falzen ist in den beiden Hauptrichtungen des Papiers oft sehr verschieden; meist ist er in der Längsrichtung größer als in der Querrichtung, es kommen aber auch Fälle vor, in denen das Papier in der Querrichtung den größeren Falzwiderstand zeigt. Zur Erläuterung seien nachstehend (S. 56) einige Prüfungsbefunde mitgeteilt.

Auffallend sind besonders die Werte der Gruppe 2, in der bei teilweise recht beträchtlichen Unterschieden in der Reißlänge und Dehnung beider Richtungen die Falzzahlen trotzdem nahezu gleich sind.

Art des Papiers	Richtung	Reißlänge m	Dehnung %	Anzahl der Doppelfalzungen
1. Falzzahl in der Längsrichtung größer als in der Querrichtung.				
Normal 4a	Lang	5050	1,8	239
	Quer	2600	4,0	46
„ 3b	Lang	5700	2,5	249
	Quer	2800	5,0	65
„ 4b	Lang	6050	1,8	275
	Quer	3200	4,3	89
„ 3a	Lang	5600	2,6	733
	Quer	3050	5,7	88
„ 4b	Lang	5750	2,0	537
	Quer	3150	4,6	102
„ 3a (Schreibmaschinen-Durchschlagpapier)	Lang	6500	2,8	180
	Quer	3100	3,3	25
2. Falzzahl in beiden Richtungen annähernd gleich.				
Normal 3a	Lang	5750	2,8	475
	Quer	4550	4,8	472
„ 2b	Lang	5000	2,5	67
	Quer	3450	3,9	62
„ 2b	Lang	5950	3,1	580
	Quer	3750	5,8	554
„ 3b	Lang	4700	2,6	81
	Quer	3250	5,2	81
„ 4a	Lang	6300	1,8	54
	Quer	3050	5,2	54
„ 4a	Lang	5700	2,3	136
	Quer	3150	5,8	134
3. Falzzahl in der Querrichtung größer als in der Längsrichtung.				
Normal 3b	Lang	4950	2,5	43
	Quer	3200	4,1	78
„ 4a	Lang	4500	2,0	15
	Quer	3200	5,0	23
„ 3b	Lang	5350	2,6	69
	Quer	3400	5,2	110
„ 3a	Lang	5500	2,5	91
	Quer	3700	6,1	135
„ 4b	Lang	6250	2,6	349
	Quer	3850	7,5	395
„ 4a	Lang	5900	2,0	40
	Quer	3550	4,0	45
„ 3a	Lang	5700	3,3	35
	Quer	4250	5,5	210

Bei Prüfung von drei Schopperschen Falzern unter Benutzung eines Versuchsmaterials von fast 1000 Papieren[1]) hat sich gezeigt, daß man die Papiere mit Hilfe des Falzers im großen und ganzen in ähnlicher Weise abstufen kann wie mit der Handknitterung.

Auf Grund dieser Ergebnisse hat der Verein Deutscher Papierfabrikanten den Antrag gestellt, bei der Kontrolle der Normalpapiere die Handknitterung fallen zu lassen und an ihre Stelle die Bestimmung des Widerstandes gegen Falzen mit Hilfe des Schopperschen Falzers zu setzen. Der Antrag wurde vom Staatsministerium angenommen und der 1. Januar 1905 als Zeitpunkt für die Einführung des Falzwiderstandes festgesetzt.

Die Grenzen für die Falzklassen wurden auf Grund der bei den ausgeführten Prüfungen gewonnenen Mittel aus sämtlichen Versuchen wie folgt festgelegt.

Falzkl.	Doppelfalzungen	entspr. der Handknitterstufe
0	0—2	außerordentl. gering
1	3—6	sehr gering
2	7—20	gering
3	21—40	mittelmäßig
4	41—80	ziemlich groß
5	81—190	groß
6	191—1000	sehr groß
7	mehr als 1000	außerordentlich groß

Für die Anzahl der Streifen, die man zur Bestimmung des Falzwiderstandes benutzt, gilt auch hier das Seite 7 für die Bestimmung der Festigkeit und Dehnung Gesagte, um so mehr, als die Einzelwerte für die Falzzahl zuweilen sehr erhebliche Abweichungen zeigen, wie dies angesichts der Wirkungsweise des Falzers und der Inanspruchnahme des Papiers von vornherein nicht anders zu erwarten war. Namentlich beobachtet man zuweilen einzelne ungewöhnlich hohe Einzelwerte, deren Auftreten dann wohl darauf zurückzuführen ist, daß an der Falzstelle besonders viel Fasern quer über den Falzkniff verlaufen. Auch mangelhaftes Einspannen kann derartig hohe Werte verursachen, da der Streifen sich dann etwas aus der Klemme ziehen kann und das Falzblech nicht immer an derselben Stelle angreift.

Wie viel Streifen man in jedem einzelnen Falle aus der Längs- und Querrichtung prüft, hängt wesentlich von der Art des Papiers ab; eine für alle Fälle gültige Zahl läßt sich nicht angeben. Allgemein kann man sagen, daß man so viel Streifen falzen wird, bis man klar sieht, in welche Falzklasse das Papier kommt, denn

[1]) Der umfangreiche Bericht hierüber ist in den „Mitteilungen." 1901 S. 161 ff. veröffentlicht worden. Er enthält u. a. nähere Angaben über den Einfluß verschiedener Federspannung, verschiedener Entfernung der Rollen vom Falzblech und verschiedener Arbeitsgeschwindigkeit auf das Versuchsergebnis.

hierauf kommt es ja in den allermeisten Fällen allein an. Die genaue Anzahl der Doppelfalzungen selbst wird nur in ganz besonderen Fällen von Bedeutung sein, und hier muß man dann die Zahl der Streifen entsprechend erhöhen.

Zur Bestimmung der Falzklasse wird man fast immer mit fünf Streifen aus jeder Richtung auskommen, bei sehr festen Papieren sogar mit weniger; nur in den Fällen, in denen der gewonnene Mittelwert einem der Grenzwerte für die Falzklassen sehr nahe kommt, ist es notwendig, noch mehr Streifen zu falzen, um zu entscheiden, ob die höhere oder niedrigere Klasse in Frage kommt.

Im Materialprüfungsamte sind in den ersten Jahren nach Einführung des Falzers fast ausschließlich zehn Streifen aus jeder Richtung gefalzt worden. Sobald genügendes Beobachtungsmaterial vorlag, wurden die aus den ersten fünf Streifen erhaltenen Mittel denen aus allen zehn Streifen gegenübergestellt,[1]) und es zeigte sich, daß die Werte verhältnismäßig wenig voneinander abwichen, so daß man sich in den weitaus meisten Fällen mit fünf Streifen aus jeder Richtung begnügen kann, bei sehr festen Papieren mit noch weniger.

Wenn die Falzzahlen 1000 übersteigen, so falzt man bis etwa 1200 und bricht dann, wenn nur die Falzklasse bestimmt werden soll, den Versuch ab.

Die Entnahme der Probestreifen erfolgt zweckmäßig wie Seite 8 angegeben aus verschiedenen Bogen.

Die Streifen werden auch hier in Rahmen auf die hohe Kante gestellt (Fig 7 S. 8) und vor dem Versuch eine Zeitlang in dem Versuchsraum bei 65 % relativer Luftfeuchtigkeit ausgelegt. Erforderlich sind Streifen von 10 cm Länge und 15 mm Breite.

Beim Schneiden ist auf die Innehaltung der richtigen Breite ganz besonders achtzugeben, da die Falzzahl mit zunehmender Breite des Streifens wächst, wie nachstehende Beispiele zeigen.

Art des Papiers	Mittlere Falzzahl bei einer Streifenbreite von		
	14 mm	15 mm	16 mm
Normal 8a	25	34	42
„ 3a	61	93	104
„ 2a	245	301	366

Die Erfahrungen, die seit der Einführung des Falzers in die amtliche Papierprüfung im Materialprüfungsamte gemacht worden sind, sind den Fachkreisen in zwei ausführlichen Berichten zugänglich gemacht worden.[2]) Sie lassen sich kurz dahin zusammen-

[1]) Mitt. a. d. Königl. Mat.-Prüf.-Amt 1907.

[2]) Mitteilungen 1905 und 1907; Papier-Zeitung 1905, Nr. 101 und 1907 Nr. 27; Wochenblatt für Papierfabrikation 1905 Nr. 52 und 1907 Nr. 20.

fassen, daß die Einführung des Falzers an Stelle der Handknitterung einen wesentlichen Fortschritt in der amtlichen Papierprüfung darstellt.

Bei sachgemäßer Behandlung und sorgfältiger Versuchsausführung liefert der Falzer zuverlässige Ergebnisse. Ergeben sich bei den Einzelprüfungen große Abweichungen, so ist hieran nicht der Falzer schuld, sondern die Ungleichmäßigkeit des Papierblattes, die er wie kein anderes Prüfungsmittel zum Ausdruck bringt.

Man könnte ihm hieraus vielleicht einen Vorwurf machen und im Hinblick auf den Zweck, den er erfüllen soll, zu große Empfindlichkeit vorwerfen. Diese Empfindlichkeit gibt indessen zu Beunruhigungen keinen Anlaß, da einmal die Grenzen der Klassen weit auseinanderstehen, und ferner die großen Unterschiede in den Einzelwerten, die durch die Art der Beanspruchung des Papiers im Falzer von vornherein zu erwarten waren, bei dem Falzen von fünf Streifen in jeder Richtung sich meist genügend ausgleichen. Man lasse sich durch die Abweichungen nicht beirren und rechne nur mit dem Gesamtmittel, d. h. mit der Falzklasse.

Als Beweis, wie zuverlässig der Falzer arbeitet, seien nachstehend die bei der Prüfung eines sehr gleichmäßig gearbeiteten Papiers ermittelten Werte mitgeteilt. Es lagen von dem Papier 27 größere Streifen aus der Längsrichtung und 30 Streifen aus der Querrichtung vor. Aus jedem dieser 57 Abschnitte wurden zwei Streifen der betreffenden Richtung entnommen, beide gefalzt und aus den erhaltenen Werten die Mittel gebildet. Die Ergebnisse sind nachstehend zusammengestellt.

Papierabschnitt	Anzahl der Doppelfalzungen						Papierabschnitt	Anzahl der Doppelfalzungen					
	Längsrichtung			Querrichtung				Längsrichtung			Querrichtung		
	Streifen			Streifen				Streifen			Streifen		
Nr.	1	2	Mittel	1	2	Mittel	Nr.	1	2	Mittel	1	2	Mittel
1	—	—	—	5	5	5	16	8	8	8	5	4	5
2	—	—	—	5	5	5	17	8	8	8	4	5	5
3	—	—	—	5	4	5	18	7	8	8	5	4	5
4	8	8	8	5	5	5	19	8	8	8	5	5	5
5	8	8	8	5	4	5	20	8	7	8	5	5	5
6	7	8	8	4	5	5	21	8	8	8	4	5	5
7	8	7	8	5	5	5	22	8	8	8	4	5	5
8	8	8	8	5	5	5	23	8	8	8	4	4	4
9	8	7	8	4	5	5	24	7	8	8	4	5	5
10	7	8	8	5	4	5	25	8	8	8	4	4	4
11	8	8	8	4	5	5	26	9	7	8	4	5	5
12	8	7	8	4	5	5	27	8	7	8	4	5	5
13	8	7	8	5	4	5	28	8	7	8	4	5	5
14	8	8	8	4	5	5	29	8	8	8	5	4	5
15	7	7	7	5	5	5	30	8	8	8	5	4	5

Wie die Zusammenstellung zeigt, beträgt selbst bei den durch Prüfung der verschiedenen Papierabschnitte gewonnenen Einzelwerten der Unterschied höchstens eine Doppelfalzung. Bei den Mittelwerten tritt diese Abweichung bei den 27 Werten für die Längsrichtung nur einmal und bei den 30 Werten für die Querrichtung nur zweimal auf, eine Beobachtung, die uns gleichzeitig Anerkennung für den Erzeuger des Papiers und den Hersteller des Falzers abzwingt.

Für die Aufstellung und Pflege des Apparates ist unter Hinweis auf das Seite 40 über die Instandhaltung vom Prüfungsapparaten überhaupt Gesagte noch folgendes zu beachten.

1. Aufstellen an einem möglichst staubfreien Ort.
2. Überdecken mit einem Tuch oder Kasten, wenn er nicht gebraucht wird.
3. Wöchentliche Reinigung mit einem weichen Lappen und Pinsel.
4. Monatliche gründliche Reinigung namentlich der Leitrollen, Rollenlager usw. und vorsichtiges Schmieren der reibenden Teile mit gutem Schmieröl.
5. Benutzung nur für Papiere bis zu 150 g Quadratmetergewicht, da der Falzer für schwerere Sorten, also z. B. für Kartons nicht gebaut ist.

Quadratmetergewicht.

Die Behörden stellen das Gewicht des gelieferten Papiers durch Auswiegen von Riespaketen fest, wobei das zum Umhüllen verwendete Umschlagpapier, aber auch nur dieses, nicht etwa auch das zum Schutz mitverwendete Pappmaterial usw. mitgewogen wird. Bei der am meisten verwendeten Bogengröße 33 × 42 cm ist dann das durch Auswiegen eines Paketes von 1000 Bogen in g ermittelte

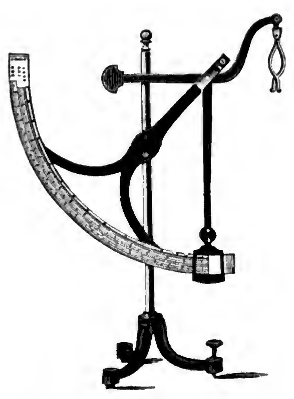


Fig. 25.
Wage zur Bestimmung des Quadratmetergewichtes.

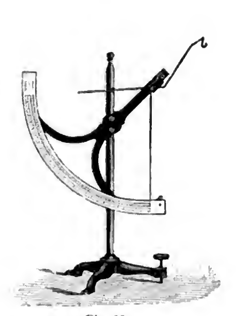


Fig. 26.
Wage zur Bestimmung des Quadratmetergewichtes.

Gewicht durch 138,6 zu dividieren, um das Quadratmetergewicht in g zu erhalten. Papierlieferanten für Behörden werden gut tun, die Gewichtsbestimmung in gleicher Weise vorzunehmen.

Als Gewichtsspielraum nach oben und unten sind bei Behörden zugelassen für

Schreib- und Druckpapiere . . . . 2,5 %
Aktendeckel und Packpapiere . . . 4,0 „

Stehen Riespakete nicht zur Verfügung, mindestens aber fünf Bogen des zu prüfenden Papiers, so kann die Bestimmung leicht mit einer Wage (Fig. 25) erfolgen, wie sie nach Angaben des Materialprüfungsamtes von der Firma Schopper-Leipzig gebaut worden ist. Bei dieser werden fünf Bogen von 33×42 cm Größe zusammen in eine an der Wage angebrachten Klemmvorrichtung gebracht und man liest dann an einer Bogenteilung das Quadratmetergewicht direkt ab.

Bei noch weniger Probematerial, etwa gar nur bei einem kleinen Handmuster, muß man mit Hilfe einer Schablone ein bestimmtes Stück, etwa 1 qdm, ausschneiden, auswiegen und aus dem Gewicht das Quadratmetergewicht berechnen. Auch für diesen Fall hat man Wagen gebaut (Fig. 26), welche die direkte Ablesung des Quadratmetergewichtes gestatten, wenn man an den einen Arm ein Papierstück von bestimmter Größe hängt. Selbstverständlich ist der so ermittelte Wert erheblich ungenauer als der durch Auswiegen von 5 oder 1000 Bogen gefundene, da ein Ausgleich der unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten des Papiers nicht stattfinden kann.

Dicke.

Für die Messung der Dicke des Papiers stehen verschiedene Dickenmesser zur Verfügung. Bequeme Handhabung und genaue Ablesung gestattet der Schoppersche Dickenmesser, dessen Wirkungsweise aus Fig. 27 zu ersehen ist.

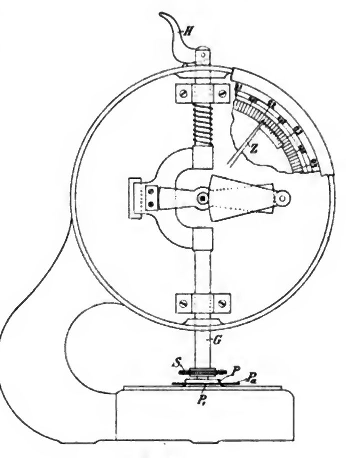


Fig. 27.
Schoppers Dickenmesser.

Durch einen Druck auf den Hebel *H* wird das Gestänge *G* mit der am unteren Ende befindlichen Platte *P* angehoben, wobei gleichzeitig der Zeiger *Z* aus seiner Nullstellung nach rechts bewegt wird. Man legt dann das Papier *Pa* auf die untere mit dem Gestell fest verbundene Meßplatte P_1 und läßt *G* durch langsames Freigeben des Hebels *H* nach unten gehen. Der Zeiger zeigt dann die Dicke des Papiers an; mit Hilfe des am Zeiger befestigten Nonius kann man sie auf $^1/_{1000}$ mm ablesen. Zum Einstellen des Zeigers auf 0 dient nötigenfalls die Scheibe *S*.

Ein anderer, aber nicht so bequemer Dickenmesser ist der von Rehse (Fig. 28).

Er besteht im wesentlichen aus der Mikrometerschraube B_1, mit welcher die Trommel *T* fest verbunden ist, und der Gabel mit der Stellschraube *B*. Die Kreisflächen der Enden beider Schrauben

B und B_1, zwischen denen die Dicke des Papiers gemessen werden soll, können je nach Drehung der Mikrometerschraube näher aneinandergebracht oder voneinander entfernt werden. Das Gewinde der Mikrometerschraube besitzt eine Steigung von 0,5 mm, d. h. bei einer Umdrehung der Schraube verschiebt sich diese in der Längsachse um 0,5 mm; der Umfang der Trommel T ist in 100 gleiche Teile geteilt, folglich wird bei 0,01 Umdrehung der Schraube und somit der Trommel diese um

$$0{,}01 \cdot 0{,}5 \text{ mm} = 0{,}005 \text{ mm}$$

gegen die Fläche der festen Stellschraube verschoben; man hat also die direkte Ablesung auf der Trommel mit 0,005 zu multiplizieren, um die Dicke des Papiers in mm zu erhalten.

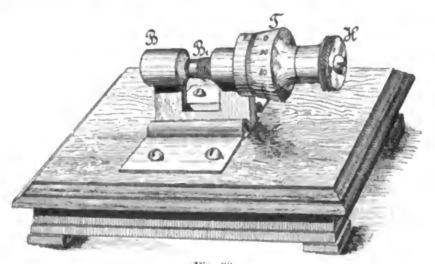


Fig. 28.
Rehses Dickenmesser.

Um gleichmäßiges Anlegen der Kreisflächen an das Papier zu ermöglichen, ist mit der Mikrometerschraube eine sogenannte Reibungskuppelung, an deren Ende sich der Kopf H zum leichteren Handhaben des Dickenmessers befindet, verbunden. Sobald das Papier genügend angepreßt ist, gleitet bei Weiterdrehung des Kopfes H die Kuppelung an der Mikrometerschraube und verhindert, daß diese weiterbewegt wird.

Die Stellschraube B ermöglicht bei nicht mehr genauem Zusammenfallen der Nullinien ein Nachstellen.

Der Dickenmesser ist zugleich so eingerichtet, daß er als Taschenapparat benutzt werden kann, indem die Gabel nicht fest mit dem Holzgestell verbunden, sondern nur durch ein federndes Blech festgeklemmt ist.

Die eigentliche Meßvorrichtung kann daher leicht aus dem Gestell entfernt werden.

Bei der Bestimmung der Dicke von Papier nimmt man zweckmäßig zehn Messungen vor, wenn möglich, an zehn verschiedenen Bogen; steht nur ein Blatt zur Verfügung, so mißt man an zehn verschiedenen Stellen. Auf diese Weise gleichen sich die Ungleichmäßigkeiten des Papierblattes und die unvermeidlichen Versuchsfehler genügend aus. Da die Apparate einfach und leicht zu handhaben sind, erfordert eine zehnmalige Messung nur kurze Zeit.

Es gibt außer den vorstehend beschriebenen beiden Dickenmessern noch eine ganze Anzahl anderer; auf einige sei hier noch kurz hingewiesen.

Fischers Piknometer[1]) besteht im wesentlichen aus einem keilförmigen Lineal, das sich gegen ein feststehendes verschieben läßt, wodurch sich zwischen beiden ein Schlitz öffnet; in diesen schiebt man das zu prüfende Papier; durch Federspannung wird dann das Keillineal zurückgezogen, wobei es das Papier leicht gegen das feste Lineal drückt. Die Entfernung der beiden Lineale wird dann an einer Bogenteilung mit $^1/_{100}$ mm Teilung abgelesen.

Nach demselben Prinzip ist das Nocklersche Piknometer gebaut.[2])

Teclu[3]) schlägt vor, die Dicke des Papiers mit Hilfe des Mikroskopes zu messen. Er hat hierzu ein Mikroskop mit besonderer Vorrichtung zum Aufrechtstellen des Papierstückes versehen lassen und liest die Dicke mit Hilfe eines Okularmikrometers ab. Angesichts der einfachen Hilfsmittel, die wir besitzen, um die Papierdicke schnell und zuverlässig zu bestimmen, dürfte sich dieses Verfahren kaum einbürgern.

Hat man keinen Dickenmesser zur Hand, so kann man sich im Notfalle auch so helfen, daß man eine Lage Papier von etwa 100 Bogen mit einer gewöhnlichen Schubleere mißt und den Meßwert durch 100 dividiert, oder einen Stoß von etwa 500 Bogen mit einem Brett und Gewicht mäßig belastet, die Höhe des Stapels mit einem Millimetermaß mißt und den Wert durch 500 teilt. Liegen die Bogen doppelt, so muß die Teilung des abgelesenen Wertes natürlich durch 200 bez. 1000 erfolgen.

---

[1]) Hoyer, Das Papier, 1882 S. 39.
[2]) Winkler, Der Papierkenner, 1887, S. 116.
[3]) Dingler 1895 S. 187 und Valenta, Das Papier, 1904 S. 180.

Aschengehalt.

Diejenigen Bestandteile des Papiers, welche beim Verbrennen und darauf folgenden Glühen als unverbrennlich zurückbleiben, nennt man die Asche; sie enthält die unorganischen Verbindungen im Gegensatz zu den organischen (Zellulose, Leim, Stärke usw.), welche beim Verbrennen zum größten Teil als Kohlensäure entweichen.

Die unorganischen Rückstände können aus drei verschiedenen Quellen stammen; zunächst aus dem zur Herstellung des Papiers verwendeten Rohmaterial (Lumpen, Zellstoffe, Holzschliff), sodann aus den zum Leimen verwendeten Materialien, und schließlich können sie dem Papier direkt als Füllstoffe zugesetzt sein.

Die Pflanzenzellen enthalten auch im reinsten Zustand (Baumwolle) stets geringe Mengen unorganischer Verbindungen, und zwar sind Kalk und Kieselerde die am meisten vorkommenden, der Kalk in Verbindung mit Oxalsäure und Kohlensäure, die Kieselsäure als solche.

Der Anschaulichkeit wegen mögen hier einige Angaben über den Aschengehalt verschiedener in der Papierfabrikation verwendeter Rohstoffe gemacht werden. (S. 67—68.)

Selbstverständlich können die mitgeteilten Werte nicht als absolute aufgefaßt werden; sie sind beständigen Schwankungen unterworfen, wie auch schon bei einzelnen Rohstoffen, mit denen mehrere Bestimmungen ausgeführt wurden, zu ersehen ist. Schon die Pflanze selbst wird bei einer größeren Anzahl von Bestimmungen der mineralischen Rückstände abweichende Werte ergeben, die man wohl auf klimatische Unterschiede und wechselnde Bodenbeschaffenheit zurückführen kann; hierzu kommen die verschiedenartigsten stets schwankenden Einflüsse der Fabrikation.

Der teilweise sehr hohe Aschengehalt der Lumpen (Tabelle A) dürfte seine Ursache in mechanischen Verunreinigungen durch Sand, Erde usw. finden, falls nicht künstliche Beschwerungen vorgenommen worden sind. Beide gehen im Laufe des Fabrikationsprozesses zum größten Teil verloren, wie die Tabelle C ergibt;

die dort aufgeführten Halbzeuge sind meist aus den Lumpen der Tabelle A erzeugt worden.

Wie aus den Tabellen B—D weiter ersichtlich ist, nähert sich der mittlere Aschengehalt der reinen Rohstoffe, Halbzeuge, Zellstoffe und des Holzschliffes dem Werte 1,0.

A. Lumpen.

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Lumpen	Aschengehalt[1]) %	Lfd. Nr.	Bezeichnung der Lumpen	Aschengehalt %
1	Hell Baumwolle	1,20	17	Weiß Leinen 4	4,45
2	Reine weiße Baumwolle	2,60	18	f. leinene Flicken . . .	0,55
3	Reine weiße Baumwolle	3,50	19	Halbweiß Leinen . . .	3,30
4	Rot Kattun	3,50	20	Halbweiß Leinen 5 . .	1,70
5	Blaue Strümpfe	4,90	21	Halbweiß Leinen 3 . .	0,32
6	Weiße Strümpfe . . .	1,03	22	Halbweiß Leinen 3 . .	3,90
7	Kattun	0,75	23	Halbweiß(Nähte)Leinen4	3,30
8	Kattun 2A	3,00	24	Halbweiß Leinen 1 . .	0,60
9	Kattun 2C	5,80	25	Halbweiß Leinen 2 . .	1,20
10	Schmutzig Parchend .	3,70	26	Sack 1	7,00
11	Weiß Parchend	1,85	27	Sack 2	3,55
12	Hellrot Halbleinen . .	1,50	28	Sack 3	6,40
13	Braun Halbleinen . . .	3,24	29	Sack 4	2,55
14	Gute Halbwolle	9,70	30	Sack 5	4,12
15	Hellblau Leinen . . .	1,10	31	Leinen V3	3,33
16	Weiß Leinen I	1,20			

Mittlerer Aschengehalt = 3,06 %.

B. Anderweitige Rohstoffe.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Rohstoffes	Aschengehalt %	Lfd. Nr.	Bezeichnung des Rohstoffes	Aschengehalt %
1	Ungebleichtes Flachsgarn (Naßgespinst) .	1,25	6	Jute (roh)	0,56
2	Hanfgarn (ungebleicht)	1,35	7	Jute (zu Pappe verarbeitet)	0,85
3	Russischer Hanf . . .	1,41	8	Baumwolle (Louisiana) ungebleicht	0,53-0,85
4	Italienischer Hanf . .	1,03			
5	Badischer Hanf	0,69	9	Espartogras	1,91-2,00

Mittlerer Aschengehalt = 1,11 %.

[1]) Die Bestimmungen wurden im Platintiegel mit absolut trockenem Material ausgeführt.

C. Halbzeuge.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Halbzeuges	Aschengehalt %	Lfd. Nr.	Bezeichnung des Halbzeuges	Aschengehalt %
1	Leinen, gebleicht, Probe A	1,10	13	Leinen, ungebleicht, Nr. 4	0,63
2	Leinen, gebleicht, Probe B	0,36	14	Leinen, ungebleicht, Nr. 5	1,58
3	Leinen, gebleicht, Probe C	1,40	15	Baumwolle, gebleicht, A	0,79
4	Leinen, gebleicht, Probe D	1,86	16	Baumwolle, gebleicht, B	0,25
5	Weiß Leinen, mittlere Qualität, gebleicht . .	0,23-0,29	17	Weiße Baumwolle, gebleicht	0,24
6	Blau Leinen, gebleicht .	0,12-0,34	18	Bunte Baumwolle, gebleicht	0,30-0,46
7	Sack, Probe A	0,80			
8	Sack, Probe B	0,70	19	Baumwolle, ungebleicht, 1	1,12
9	Sack, Probe C	0,92	20	Baumwolle, ungebleicht, 2	0,90
10	Leinen, ungebleicht, Nr. 1	0,66	21	Baumwolle, ungebleicht, 3	0,24
11	Leinen, ungebleicht, Nr. 2	0,40	22	Hanfstrick, gebleicht .	0,30
12	Leinen, ungebleicht, Nr. 3	1,03			

Mittlerer Aschengehalt = 0,74%.

D. Zellstoffe und Holzschliff.

Lfd. Nr.	Art des Materials	Aschengehalt %	Lfd. Nr.	Art des Materials	Aschengehalt %
1	Sulfitzellstoff, ungebl., 1	0,48	8	Strohzellstoff, gebleicht	0,86-1,22
2	Sulfitzellstoff, ungebl., 2	0,51	9	Birkenzellstoff, ungebleicht	0,65
3	Sulfitzellstoff, gebleicht	0,42	10	Birkenzellstoff, gebleicht	1,57
4	Mitscherlich-Zellstoff, ungebleicht	1,25	11	Fichten-Holzschliff . .	0,43
5	Natronzellstoff, ungebleicht	1,40	12	Kiefern-Holzschliff . .	0,70
6	Natronzellstoff, gebleicht	1,34	13	Espen-Holzschliff . . .	0,36-0,44
7	Strohzellstoff, ungebleicht	2,30	14	Linden-Holzschliff . .	0,40

Mittlerer Aschengehalt = 0,94%.

Man ersieht hieraus, daß die unverbrennlichen Rückstände der Rohmaterialien einen verschwindend geringen Bruchteil ausmachen, und wenn man für sie rund 1% in Anrechnung bringt, so wird dies in allen Fällen genügen.

Ganz anders verhalten sich beispielsweise einige ausländische Fasersorten, welche zur Herstellung von Papier benutzt werden. So weisen die gebleichten Adansoniafasern (die Bastfasern der in

Afrika heimischen Adansonia digitata, Affenbrotbaum) einen Aschengehalt von 5,70—7,19 %, die Fasern, welche in Japan zur Herstellung von Papier dienen, im Durchschnitt einen solchen von 2,5 % auf.

Da diese Rohstoffe aber bis jetzt für die deutsche Papierfabrikation von geringer Bedeutung sind, so können sie hier außer acht gelassen werden.

Die zweite der oben angeführten Quellen für die Asche, der der Papiermasse zugesetzte Leim, liefert bisweilen schon einen größeren Prozentsatz an unverbrennlichen Bestandteilen. Bekanntlich wird der größte Teil der bei uns erzeugten Papiere nicht wie früher durch tierischen Leim, sondern durch den billigeren Harzleim beschreibbar gemacht.

Ohne hier auf die Frage einzugehen, was der leimende Faktor im Harzleim ist, sei nur bemerkt, daß bei dem Leimen des Papiers stets mit einem Überschuß von Alaun gearbeitet wird und auf diese Weise eine gewisse Menge überschüssiger Tonerdeverbindungen in das Papier gelangt. Diese bleiben in der Asche als Tonerde (Al_2O_3) zurück und können unter Umständen wohl bis zu 2 % des Papiers ausmachen. Ein geleimtes Papier kann demnach, ohne daß ihm Füllstoffe zugefügt sind, sehr wohl einen Aschengehalt von 3,0 % aufweisen.

Endlich werden den Papieren auch aus verschiedenen Gründen, z. B. um ihr Aussehen zu verbessern, um sie schreib- und druckfähiger zu machen, um ihre Undurchsichtigkeit zu erhöhen, zur Erzielung eines billigeren Verkaufspreises usw. mineralische Füllstoffe direkt zugesetzt.

Hauptsächlich verwendet werden

- Kaolin, Ton, Bleichererde, Porzellanerde, China Clay (Aluminiumsilikat),
- Gips, Annaline, Lenzin, Blütenweiß (Kalziumsulfat),
- Schwerspat (Baryumsulfat),
- Permanentweiß, Blanc-fixe, Blanc-Perle (künstlich hergestelltes Baryumsulfat),
- Asbestine, Talcum (vorzugsweise Magnesiumsilikat)

und andere.

Die Bestimmung der Aschenmenge in der Weise vorzunehmen, daß man einen Bogen des zu prüfenden Papiers von bekanntem Gewicht verbrennt und den übrig bleibenden schwarzen Rückstand dem Gewicht nach bestimmt, ein Verfahren, wie es wohl hin und wieder noch angewendet wird, ist für die Erlangung einigermaßen genauer Werte unzulänglich, da das Gewicht der noch nicht verbrannten Kohle mit zur Asche gerechnet wird.

Wenn es auch für die Zwecke der technischen Papierprüfung als überflüssig erscheinen muß, eine Aschenbestimmung beispielsweise bis auf 0,001 g genau auszuführen, denn ein so genaues Arbeiten ist im Hinblick auf die Ungleichartigkeit des Rohmaterials und die ungleichmäßige Verteilung der etwa vorhandenen Füllstoffe in der Papiermasse[1]) sowie den Zweck der Prüfung nicht angebracht, so muß man doch darauf Bedacht nehmen, Verfahren und Apparate anzuwenden, bei denen der Fehler 0,25 % nicht übersteigt.

Zwei Wagen sind es, welche zu diesem Zwecke vorzugsweise angewendet werden und welche die geforderte Genauigkeit besitzen, nämlich die Postsche und die Reimannsche Aschenwage.

Die Postsche Aschenwage.

Auf zwei horizontal gelagerten Stahlplatten *P* (Fig. 29) liegt der Hebel *H* mit einer Stahlschneide *S* auf; das eine Ende des Hebels bildet den Zeiger *Z*, an dem anderen ist eine Stahlschneide eingelassen, auf welche das Gehänge *G* aufgelegt ist; in diesem Gehänge liegt das Platindrahtnetz *D*, in welchem die Veraschung des Papiers vorgenommen wird; der Zeiger *Z* spielt über einer Teilung von 0—150; jeder Teilstrich entspricht einem Belastungszuwachs von 1 Centigramm.

Durch Niederdrücken des Hebels *A* kann der ganze Hebel *H* nebst dem daran befindlichen Gehänge von den Platten *P* abgehoben und so die Wage festgestellt werden; auch dient *A* dazu, heftige Schwingungen des Zeigers, die beim Auflegen von Papier auf das Gehänge entstehen können, zu mäßigen.

Beim Wägen muß selbstverständlich der Hebel *A* so liegen, daß er die Walze, in welcher die Schneide *S* eingelassen ist, nicht berührt.

Mit Hilfe der Schraube *Sch* wird die Wage so aufgestellt, daß sich bei eingelegtem Drahtnetz der Zeiger auf den Nullpunkt der Teilung einstellt.

Man stelle die Wage so auf, daß sie vor Erschütterungen möglichst geschützt ist, am besten auf ein Konsol, das an einer Tragewand angebracht ist; ist ein solches nicht zu haben, so vermeide man wenigstens ein häufiges Wechseln des Standortes der Wage.

Der Versuch selbst geht in folgender Weise vor sich.

Sobald der Zeiger bei eingelegtem Drahtnetz auf Null einspielt, legt man in des Gehänge einen Streifen Papier, der nicht ganz die

---

[1]) Ein Kupferdruckpapier z. B. ergab an verschiedenen Stellen ein und desselben Bogens Aschenmengen von 13,65—14,71 %.

Breite des Drahtnetzes besitzt, damit er nach dem Zusammenrollen gut in dasselbe hineingeht.

Zur Verwendung gelangt eine Papiermasse von dem Gewicht 1 g, weil dann das Gewicht der Asche, in Zentigrammen abgelesen, direkt den Prozentgehalt bedeutet.

Geht der Zeiger der Wage nach dem Auflegen des Papierstreifens über den Teilstrich 100 hinaus, so reißt man so lange kleine Stückchen von dem Streifen ab, bis der Zeiger auf 100 ein-

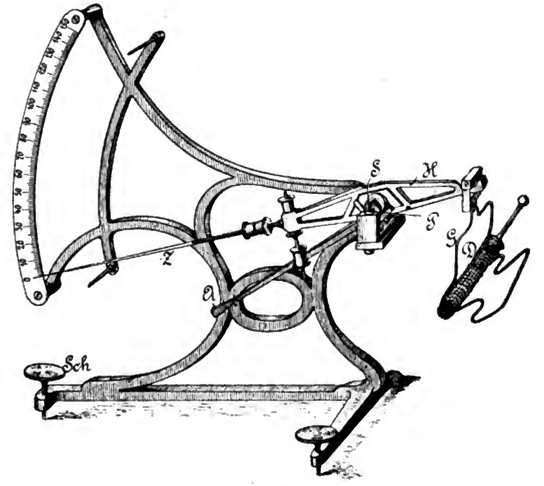


Fig. 29.
Postsche Aschenwage.

spielt; steht er mit dem aufgelegten Papier unter 100, so fügt man nach und nach geringe Mengen Papier hinzu, bis das Gewicht von 100 cg voll ist.

Das nunmehr im Gehänge befindliche Papier wird darauf fest zusammengerollt und in das Platindrahtnetz geschoben, in welchem es verbrannt wird.

Die Verbrennung geschieht am besten durch Gas mit Hilfe eines Bunsenschen Brenners, welcher einen fächerförmigen Aufsatz trägt (Fig. 30). Durch diesen Aufsatz erzielt man eine Flamme,

welche das ganze Drahtnetz gleichzeitig umspielt und zum Glühen bringt, während man bei Anwendung eines einfachen Brenners ohne Aufsatz die Flamme von Zeit zu Zeit verschieben muß, um alle Teile des Papiers in dieselbe zu bringen.

Steht Gas für den Versuch nicht zur Verfügung, so muß man sich mit einer kräftigen Spiritusflamme begnügen, mit der man seinen Zweck ebenso vollkommen, jedoch erst nach längerem Glühen erreicht.

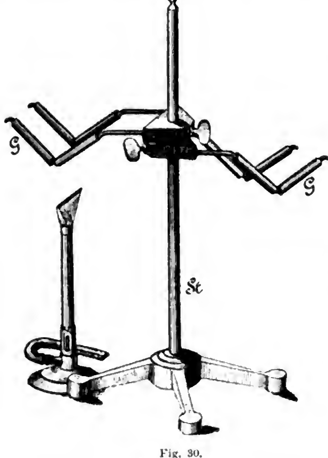


Fig. 30.
Veraschungs-Gestell.

Bei Anwendung von Gas ist der Versuch in längstens zehn Minuten beendigt.

Zum Auflegen des Drahtnetzes während der Veraschung bedient man sich zweckmäßig einer Vorrichtung, wie sie in Fig. 30 dargestellt ist. An einem Gestell *St* befinden sich zwei durch Schrauben festzulegende Gabeln *G*, welche in der dem Brenner entsprechenden Höhe festgeschraubt werden. Die Drahtstangen der Gabeln sind mit Porzellanröhrchen belegt, um eine Berührung des Platinnetzes mit dem Eisendraht zu verhindern. Während des Versuches drehe man das Netz häufiger, so daß die untere Seite auch nach oben zu liegen kommt, weil die Verbrennung in dem dem Brenner zugekehrten Teile des Netzes nicht so vollkommen ist wie oben.

Einen Verlust hat man während dieses Umdrehens und auch bei dem ganzen Versuch nicht zu befürchten, da die Asche auch bei den feineren Papieren in sich zusammenhält. Man kann nun allerdings der Asche nicht ohne weiteres ansehen, wann sie vollständig ausgeglüht und ob alles Organische verbrannt ist. Meist wird dies der Fall sein, wenn nach dem Entfernen der Flamme in dem Rückstand Glimmen nicht mehr zu bemerken ist. Sieht man noch Teile der Asche weiter glimmen, besonders wenn man mit der

Hand vorsichtig etwas Luft dagegen fächelt, so ist dies ein Beweis dafür, daß noch unverbrannte Kohleteilchen vorhanden sind; das Glühen muß sodann fortgesetzt werden, bis diese Erscheinung nicht mehr auftritt.

Die Asche erscheint alsdann als weiße bis weißgraue Masse, vorausgesetzt, daß das verwendete Papier nicht mit einem farbigen, unorganischen Farbstoff gefärbt war.

In solchen Fällen zeigt auch die Asche noch eine ausgesprochene Färbung, und zwar meist die des angewandten Farbstoffes. Papiere z. B., die gefärbt sind mit

Ocker, hinterlassen eine gelbbraune Asche
Ultramarin „ „ bläuliche oder blaue Asche
Chromgelb „ „ gelbliche Asche
Berliner Blau (Kaliblau, Pariserblau, Miloriblau), hinterlassen eine rotbraune Asche (Eisenoxyd).

Nach dem vollständigen Erkalten der Asche bringt man das Netz mit seinem Inhalt in das Gehänge der Wage und liest ab, über welchem Teilstrich der Zeiger spielt; die Zahl der angezeigten Zentigramme gibt den Aschengehalt des Papiers in Prozenten an.

Zahlreiche Vergleichsversuche, die mit Hilfe einer chemischen Wage angestellt wurden, ergaben als größten Fehler der Postschen Aschenwage 0,23 %, so daß sie für praktische Zwecke als vollkommen genügend bezeichnet werden kann.

Auf zwei kleine Fehlerquellen, die sie in sich birgt, wird später noch eingegangen.

Hat man den Aschengehalt durch Ablesen an der Teilung festgestellt, so muß man sich überzeugen, ob die Veraschung vollständig durchgeführt ist; denn zuweilen sieht der Rückstand sehr weiß aus und glimmt auch nach dem Entfernen der Flamme nicht mehr nach, und dennoch befinden sich im Innern noch Kohleteilchen, bis zu denen keine atmosphärische Luft gedrungen ist, und welche aus diesem Grunde nicht verbrennen konnten. Man drückt deshalb nach dem Ablesen die Asche auf einem Papierblatt mit Hilfe eines Glasstabes auseinander; finden sich im Innern noch schwarze, unverbrannte Teile vor, so bringt man entweder die Asche in einen Platintigel und glüht so lange, bis alle Kohleteilchen verschwunden sind, oder nimmt einen neuen Versuch vor.

Von den beiden Fehlerquellen, die oben kurz erwähnt wurden, steckt die eine in dem Platinnetz, die andere in dem an dem Netz befindlichen Griff aus Messing.

Dadurch, daß der Platindraht in der Glühhitze mit der Kohle aus dem Papier zusammenkommt, entsteht eine Verbindung des

Platins mit dem Kohlenstoff, das sog. Kohlenstoffplatin, das sich in der Glühhitze verflüchtigt.

Das Platinnetz wird also während des Versuches leichter.

Ein Netz, welches ursprünglich 16,566 g schwer war, wog nach 74 Veraschungen nur noch 16,142 g; es hatte demnach 0,424 g oder 2,6 % seines Anfangsgewichtes verloren.

Die Zerstörung des Platinnetzes geht schließlich so weit, daß die ursprünglich etwa 1 mm starken Drähte haardünn werden und das Netz durch ein neues ersetzt werden muß.

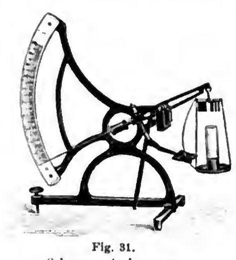


Fig. 31.
Schoppers Aschenwage.

Die zweite Fehlerquelle liegt in dem Messinggriff des Netzes; beim Erhitzen des Papiers entstehen im Innern, wo die Luft nicht sofort zutreten kann, Produkte der trockenen Destillation; diese Kohlenwasserstoffe schlagen sich an dem kälteren Griff zum Teil nieder und bilden hier eine schwarze, kohlige, schwer zu entfernende Masse.

Der Metallgriff wird also während des Versuches schwerer und hebt mehr oder weniger den durch das Platinnetz verursachten Fehler wieder auf.

Diese Fehler haben Schopper Veranlassung gegeben, eine Verbesserung an der Postschen Wage vorzunehmen, die aus Fig. 31 ersichtlich ist. Das Gehänge ist zu einer Schale ausgebildet, auf der ein kurzes, unten mit einem Metallfuß versehenes, oben offenes Glasrohr steht; mit diesem ist die Wage auf 0 austariert. Durch Auflegen von Papier auf die Schale wird 1 g Material abgewogen und dieses in einem der Wage beigegebenen und in das Glasrohr hineinpassenden Veraschungsnetze völlig durchgeglüht; nach dem Erkalten schüttet man die Asche in das Glasrohr und liest an der Wage die Aschenmenge in Zentigrammen ab; diese bedeuten dann den Prozentgehalt des Papiers an Asche.

Dadurch, daß das Platinnetz nicht mitgewogen wird, ist dessen allmähliche Gewichtsabnahme für den Versuch bedeutungslos geworden. In gleicher Weise ist dies bei der Reimannschen Aschenwage der Fall.

Reimanns Aschenwage.

Der eine Arm des Wagebalkens ist mit einem Gewicht aus einem Stück gearbeitet (Fig. 32); der andere trägt zwei Wagschalen, von denen die obere zum Auflegen eines Glasröhrchens

(Fig. 33), die untere für Gewichte bestimmt ist. Da die Wage ohne Glasrohr bei einer Belastung von 21 g sich im Gleichgewicht befindet, so wähle man das Röhrchen so aus, daß es dem Gewicht von etwa 19 g nahekommt, ohne jedoch diese Grenze zu überschreiten. Auf die untere Wagschale bringt man an Gewichten 2 g, und zwar ein Grammgewicht als solches und den Rest in Dezi- und Zentigrammstücken. Eine etwaige Differenz gleicht man auf der unteren Wagschale mit kleinen Metallstückchen sowie mittels der zu diesem Zweck angebrachten Schraube *R* aus.

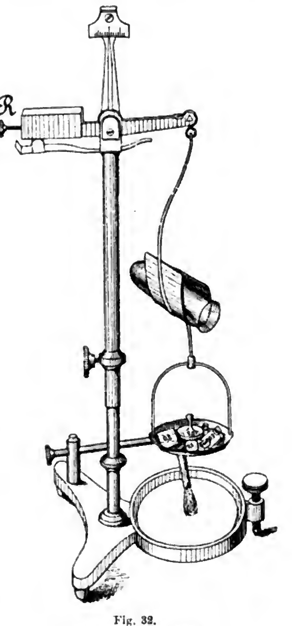


Fig. 32.
Reimanns Aschenwage.

Eine Pinselarretierung, wie sie Fig. 32 zeigt, hat sich für das Auflegen und Abnehmen der Gewichte als sehr praktisch erwiesen.

Der Gang der Aschenbestimmung ist folgender.

Nachdem die Wage mit dem aufgelegten Glasröhrchen so aufgestellt ist, daß die Zunge nach rechts und links um gleich viel Teilstriche ausschlägt, wird das Grammgewicht von der unteren Schale entfernt und statt dessen so viel Papier aufgelegt, daß die Wagenzunge wieder gleichmäßig um den Nullpunkt spielt. Diese Menge Papier, 1 g schwer, wird zusammengerollt, in ein Platinnetz gesteckt, wie es Fig. 33 zeigt, und nun in derselben Weise mit Hilfe des Gestelles Fig. 30 verascht, wie es vorher auseinandergesetzt wurde.

Ist die Veraschung beendet, so steckt man das Platinnetz in das Glasröhrchen und schüttet die Asche hinein; geringes Klopfen mit dem Netz gegen die Wände des Glases genügt, um den Rückstand ohne jeden Verlust in das Röhrchen überzuführen.

Da sich die Platinnetze beim Gebrauch häufig verbiegen und

zusammendrücken und die Asche sich dann schwer aus ihnen entfernen läßt, so weitet man sie von Zeit zu Zeit dadurch wieder auf, daß man sie über einen entsprechend starken Holzstab zieht. Das Röhrchen, welches jetzt die Asche des Papiers enthält, wird nunmehr auf die obere Wagschale gelegt und das Grammgewicht, welches beim Abwägen des Papiers von der Schale fortgenommen wurde, auf diese zurückgebracht.

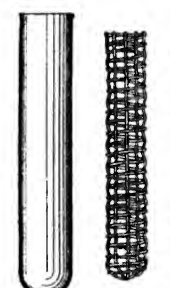


Fig. 33.
Glasröhrchen und Platinnetz zum Veraschen.

Die Zunge der Wage wird nun naturgemäß nach rechts ausschlagen, und zwar um so mehr, je größer das Gewicht der Asche ist. Um dieses zu bestimmen, entfernt man von den kleinen Gewichten allmählich so viel, daß der Ausschlag der Zunge nach beiden Seiten des Nullstriches gleich groß ist. Die Summe dieser Gewichte ergibt das Gewicht der Asche, in Zentigrammen ausgedrückt, den Prozentgehalt des Papiers an unverbrennlichen Bestandteilen. Wären beispielsweise behufs Herstellung des Gleichgewichtes der Wage nach dem Auflegen des Röhrchens mit der Asche 11 cg heruntergenommen worden, so hätten 1 g oder 100 cg Papier 11 cg unverbrennliche Bestandteile hinterlassen, d. h. das Papier würde 11 % Asche enthalten.

Es erübrigt noch, zu bemerken, daß Bruchteile von Zentigrammen an dem Ausschlag auf der Teilung abgelesen werden; die Wagen sind meist so gebaut, daß ein Ausschlag von zwei Teilstrichen einer Belastung von 1 cg entspricht; auf diese Weise läßt sich also der Aschengehalt auf Viertelprozente genau ablesen.

Vergleichsbestimmungen durch Veraschen im Platintiegel haben gezeigt, daß der Fehler bei Bestimmungen mit der Reimannschen Wage 0,25 % nicht übersteigt. Auf Seite 77 einige Beispiele hierfür.

Die Veraschung des Papiers geht um so schneller und vollkommener vor sich, je besser die atmosphärische Luft zutreten kann; um dies in besonders hohem Maße zu erreichen, hat Schopper eine Veraschungsvorrichtung (Fig. 34) gebaut, bei der während der Veraschung durch einen schornsteinähnlichen Aufbau ein ununterbrochener Luftstrom durch die Asche geführt wird. Diese Vorrichtung hat sich bei den Arbeiten im Materialprüfungsamte sehr bewährt, sie vermindert die Dauer des Glühens ganz wesentlich.

Ein Gramm Papier wird zusammengerollt und in das in dem wagerechten kurzen Stutzen des Aufbaues steckenden, herausnehmbaren, hinten mit einem Drahtnetz abgeschlossenen Rohr aus

Ergebnisse der Prüfung von 12 Packpapieren auf Aschengehalt.

Laufende Nr.	Aschengehalt[1]		Abweichung
	Platintiegel %	Reimanns Wage %	%
1	5,1	5,0	— 0,1
2	4,5	4,5	0
3	4,9	4,8	— 0,1
4	3,7	3,8	+ 0,1
5	3,3	3,3	0
6	5,6	5,5	— 0,1
7	3,1	3,3	+ 0,2
8	2,1	2,0	— 0,1
9	7,1	7,0	— 0,1
10	4,2	4,0	— 0,2
11	2,4	2,3	— 0,1
12	2,9	3,0	+ 0,1

Die größte Abweichung beträgt demnach 0,2%.

dünnem Eisenblech geschoben. Durch einen untergestellten Brenner wird dieses Rohr ins Glühen gebracht, die Verbrennungsgase entweichen durch das als Schornstein wirkende senkrechte Blechrohr, und in kurzer Zeit ist infolge der starken Luftzuführung die Veraschung beendigt.

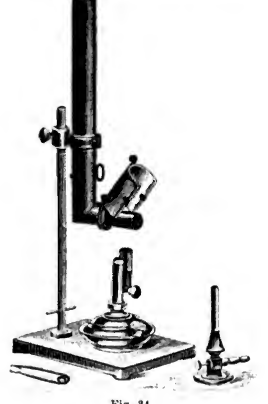


Fig. 34.
Schoppers Veraschungsvorrichtung.

Die Asche wird dann nach dem Abkühlen des Rohres in das Glasrohr geschüttet und gewogen.

Von demselben Gedanken ausgehend wie Schopper, die Veraschung durch vermehrte Luftzufuhr zu beschleunigen, hat Heyse[2]) eine Veraschungsvorrichtung unter Verwendung eines Porzellantiegels mit durchlochtem Deckel vorgeschlagen. Durch das Loch ragt ein mit einer feinen Öffnung versehenes hart gelötetes Kupferrohr mit Platinspitze, durch welches während des Veraschens mit Hilfe

[1]) Sämtliche Werte abgerundet auf eine Dezimalstelle.
[2]) Wochenblatt für Papierfabrikation 1899 S. 239.

eines Gummiballes Luft in den Tiegel geblasen wird, wodurch der Verbrennungsprozeß wesentlich beschleunigt wird. Beim Einblasen der Luft muß man natürlich vorsichtig zu Werke gehen, da sonst leicht Asche aus dem Tiegel fortgeblasen werden kann.

Zur Veraschung auf elektrischem Wege dient ein kleiner, sehr handlicher Apparat, der sich mit der gewöhnlichen Stöpseldose für Glühlampen an das Stromnetz anschließen läßt (Fig. 35). Für die Erhaltung der Heizelemente ist es zweckmäßig, einen Rheostaten zur Regelung der Stromstärke einzuschalten.

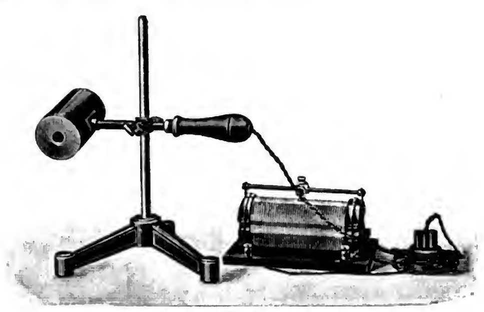


Fig. 35.
Elektrische Veraschungsvorrichtung.

Ein Gramm Papier wird zusammengerollt in die mit Platinblech ausgelegte Öffnung des Heizkörpers geschoben und der Stöpsel dann eingesteckt. Das Platinblech kommt nach kurzer Zeit ins Glühen, das Papier entflammt und verascht sehr bald. Die Asche wird dann in das Glasröhrchen der Wage geschüttet und gewogen.

Handelt es sich darum, genauere Angaben als diese über die im Papier enthaltenen Füllstoffe zu erhalten, so reichen die beiden beschriebenen Wagen für die Bestimmung nicht mehr aus, und es muß eine quantitative Bestimmung mit Hilfe der chemischen Wage vorgenommen werden.

Hierbei ist dann auch die im Papier enthaltene Feuchtigkeit zu berücksichtigen, welche bei den eben erwähnten Verfahren wegen des geringen Einflusses, den sie auf das Endergebnis ausübt, nicht in Betracht gezogen worden ist.

Um den Feuchtigkeitsgehalt im Papier zu bestimmen, werden ungefähr 1—2 g in ein Trockengläschen gebracht, wie es Fig. 36 zeigt; dieses wird dann mit lose aufgelegtem Deckel in einem Luft-

bad 30 Minuten lang auf ungefähr 105° C bis zum gleichbleibenden Gewicht erhitzt.

Nach Abzug des Gewichtes der Trockenflasche erhält man das Gewicht des Papiers.

Das Papier wird darauf auf eine Platinnadel gespießt oder mit einem Platindraht umwickelt, verbrannt und der Rückstand in einem kleinen Porzellan- oder Platintiegel so lange geglüht, bis zwei aufeinanderfolgende Wägungen dasselbe Ergebnis liefern. Beim Glühen stellt man den Tiegel schräg und legt den Deckel schräg gegen die Tiegelöffnung, damit die Luft besser hinzutreten kann.



Fig. 36. Trockengläschen.

Aus dem Gewicht des Papiers und des Rückstandes läßt sich dann der Aschengehalt in Prozenten berechnen.

Beim Veraschen können mit den im Papier vorhandenen mineralischen Füllstoffen infolge des Glühens mehr oder weniger weitgreifende chemische Veränderungen vor sich gegangen sein, indem teils Bestandteile ausgetrieben, teils Füllstoffe in andere Verbindungen übergeführt werden; es sei hierfür nur ein Beispiel erwähnt.

Angenommen, es wäre einem Papierstoff Gips zugesetzt, wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk von der Zusammensetzung $CaSO_4 + 2H_2O$. Dieser Körper gibt beim Glühen sein Wasser ab, und in der Asche bleibt nur wasserfreier schwefelsaurer Kalk ($CaSO_4$) zurück. Unter Zugrundelegung der angegebenen Formel ergibt sich, daß 172 Gewichtsteile Gips 136 Gewichtsteile schwefelsauren Kalk hinterlassen. Somit hat man einen Glühverlust von rund 21 %, der in Rechnung zu ziehen ist durch Erhöhung des gefundenen Aschengehaltes um rund $^1/_4$.

Außerdem kann bei ungenügendem Luftzutritt während der Veraschung ein Teil des Gipses in Kalziumsulfid übergeführt werden, wodurch ein weiterer Verlust entsteht.

Zwecks genauer Feststellung der in einem Papier vorhandenen Füllstoffmenge reicht daher die bloße Aschenbestimmung nicht aus; sie muß ergänzt werden durch eine Aschenanalyse, damit man weiß, mit welchem Füllstoff man es zu tun hat.

In den allermeisten Fällen wird der nachfolgend beschriebene kurze Analysengang ausreichen, da man sich für den angegebenen Zweck bei der Untersuchung der Asche weißer[1]) Papiere auf nachfolgende Bestandteile beschränken kann.

[1]) Bei der Prüfung mineralisch gefärbter oder gestrichener Papiere muß man den Analysengang natürlich erweitern; hierauf noch einzugehen, würde hier zu weit führen.

Tonerde, herrührend von Kaolin.
Magnesium, herrührend von Asbestine.
Kalzium, herrührend von Gips.
Barium, herrührend von Schwerspat.
Kieselsäure, herrührend von Kaolin oder Asbestine.
Kohlensäure, von Magnesium- oder Kalziumkarbonat.
Schwefelsäure, herrührend von Gips oder Schwerspat.

Um die wesentlichen, d. h. absichtlich zugesetzten Füllstoffe von etwaigen unwesentlichen, aus dem Betriebswasser, Papierspänen o. a. herrührenden Beimengungen unterscheiden zu können, tut man gut, die Analyse bis zu einem gewissen Grade gleich annähernd quantitativ auszuführen, d. h. von einer gewogenen Menge Asche auszugehen und wenigstens einzelne der abgeschiedenen Bestandteile dem Gewichte nach zu bestimmen.

Zunächst prüft man, ob sich die Asche völlig oder fast völlig in verdünnter Salzsäure löst; ist dies der Fall, so hat man es, was Füllstoffe anbelangt, nur mit Gips, oder Kalzium- oder Magnesiumkarbonat zu tun.

Man setzt dann zu einem Teil der filtrierten Lösung Bariumchlorid im Überschuß; ein Niederschlag zeigt Gips an; zu einem zweiten mit Ammoniak neutralisierten Teil setzt man Ammoniumoxalat; ein Niederschlag weist auf Kalzium. Man filtriert und setzt Ammoniumphosphat hinzu; ein Niederschlag zeigt Magnesiumkarbonat an.

Falls sich, was meist der Fall ist, die Asche füllstoffhaltiger Papiere nicht vollständig in Salzsäure löst, schmilzt man 0,5 g Asche im Platintiegel mit etwa 2,5 g Kalium-Natronkarbonat eine Viertelstunde lang über dem Gebläse, kocht die Schmelze mit Wasser aus und filtriert.

Das Filtrat wird mit Salzsäure angesäuert und mit Bariumchlorid im Überschuß versetzt; ein Niederschlag, der ev. dem Gewichte nach bestimmt wird, rührt von Schwefelsäure her.

Der im Wasser unlösliche Teil der Schmelze wird in einer Porzellanschale mit Salzsäure behandelt, wobei sich Kieselsäure ausscheidet; um diese unlöslich zu machen, wird das Ganze zur Trockene verdampft, der Rückstand mit konzentrierter Salzsäure angefeuchtet, das Ganze mit heißem Wasser versetzt und die ausgeschiedene Kieselsäure abfiltriert.[1])

Zum Filtrat, genügend verdünnt und nötigenfalls mit Ammoniumchlorid versetzt, fügt man Ammoniak, um die Tonerde auszufällen.[2])

[1]) Zu berücksichtigen ist hierbei, daß ein Teil der Kieselsäure in den wässerigen Auszug gegangen ist.

[2]) Der Tonerdeniederschlag wird zweckmäßig nach dem Trocknen und Glühen gewogen, da er wegen seines voluminösen Zustandes schwer auf seine Menge zu schätzen ist.

Das Filtrat von der Tonerde wird mit Ammoniumkarbonat versetzt, wodurch Barium und Kalzium ausfallen.

Der Niederschlag wird in Salzsäure gelöst und die Lösung mittels Flammenreaktion geprüft. Zeigt die Flamme keine grüne Färbung (Bariumreaktion), so ist nur Kalzium vorhanden. Bei grüner Flamme ist Barium vorhanden, ev. in Gemeinschaft mit Kalzium. Um dies festzustellen, dampft man die salzsaure Lösung zur Trockene ein, nimmt mit absolutem Alkohol auf, wodurch Kalziumchlorid in Lösung geht, während Bariumchlorid zurückbleibt.

Zum Filtrat des Barium-Kalziumniederschlages wird nach reichlichem Zusatz von Ammoniak Ammoniumphosphat gesetzt und dadurch Magnesium ausgefällt.

Steht von dem auf Art der Füllstoffe zu prüfenden Papier nur so wenig Material zur Verfügung, daß die für die chemische Analyse nötige Menge Asche nicht gewonnen werden kann, so ist man auf die Untersuchung mit Hilfe des Mikroskopes angewiesen, für die Pauli einen Untersuchungsgang ausgearbeitet hat.[1])

Einfluß der Füllstoffe auf die Dauerhaftigkeit des Papiers.

Im Anschluß an die Ausführungen über die Bestimmung des Aschengehaltes im Papier sei im nachfolgenden noch einiges über den Einfluß der Füllstoffe auf die Dauerhaftigkeit der Papiere hinzugefügt, weil die Ansichten hierüber teilweise noch recht verschieden sind.

Bei der Aufstellung der ersten Papiernormalien im Jahre 1886 „Grundsätze für amtliche Papierprüfungen“[2]) ging man von der Annahme aus, daß Füllstoffe die Ausdauerfähigkeit der Papiere ungünstig beeinflussen und demnach bei Papieren für wichtige Zwecke auszuschließen seien. Der Aschengehalt wurde daher für Papiere der

Stoffklasse I (Lumpenpapiere) auf höchstens 2 %,
„ II (75 % Lumpen, 25 % Zellstoff) auf höchstens 5 %,
„ III (Stoff beliebig, aber ohne Holzschliff) auf höchstens 15 %

festgesetzt.

Diese Beschränkungen blieben auch noch bestehen in den „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken“ vom Jahre 1891[3]); erst in den jetzt gültigen „Bestimmungen über das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier“ vom Jahre 1904[4]) (siehe Anhang) sind sie gefallen. Seit

[1]) Pauli, Die mineralischen Papierfüllstoffe und ihre Erkennung. Zentralblatt f. d. österr.-ung. Papierindustrie 1906 S. 465.

[2]) Mitt. a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1886 Seite 89.

[3]) Mitt. a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1892 Seite 1.

[4]) Mitt. a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1903 Seite 211.

dieser Zeit können die Normalpapiere mit beliebigem Füllstoffgehalt gearbeitet werden.

In Fachkreisen ist auch heute noch stellenweise die Ansicht vertreten, daß die Füllstoffe an sich die Dauerhaftigkeit der Papiere herabmindern; eine sachliche Begründung ist aber hierfür schwer zu geben.

Weshalb soll von zwei Papieren, von denen das eine Füllstoffe enthält, das andere nicht, das beschwerte weniger dauerhaft sein als das unbeschwerte, wenn sonst alle Eigenschaften, namentlich alle Festigkeitseigenschaften (Reißlänge, Dehnung, Widerstand gegen Zerknittern und Falzen usw.) gleich sind?

Die Lebensdauer eines Papiers hängt einmal von der Art seiner Verwendung und dann von seinen Eigenschaften ab. Ist es z. B. starken mechanischen Einflüssen ausgesetzt, so kann es, auch wenn es aus Material höchster Güte hergestellt worden ist, unter Umständen sehr bald der Zerstörung anheimfallen. Beispiele hierfür bieten unsere Banknoten. Mit größter Sorgfalt aus den besten Rohstoffen erzeugt, böten sie infolge ihrer Eigenschaften bei schonender Behandlung und sorgsamer Aufbewahrung die Möglichkeit, Jahrtausende zu überdauern; trotzdem haben sie wegen der mannigfachen mechanischen Einwirkungen, die fast ununterbrochen auf sie einwirken, nur eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer.

Andererseits können Papiere aus ganz geringwertigem Material lange Zeitabschnitte überdauern, wenn ungünstige äußere Einwirkungen von ihnen ferngehalten werden. Beispiele hierfür sind die Papyrusrollen, die zum Teil in recht gut erhaltenem Zustande aufgefunden worden sind, obwohl ihr Alter nach Jahrtausenden zählt. Nach Rohstoff und Eigenschaften ein Material, das unseren heutigen Anforderungen in bezug auf die Dauerhaftigkeit in keiner Weise entspricht, hat es sich so lange halten können, weil es, unter sehr weitgehendem Abschluß von Luft, Licht und Feuchtigkeit aufbewahrt, zerstörenden Einflüssen entzogen war.

Weitere Beispiele sind die von dem Pastor Schäffer[1]) vor fast 150 Jahren aus 50 verschiedenen Faserstoffen (verschiedene Hölzer, Rohrstengel, Hopfenranken, Moos, Tannenzapfen, Brennessel, Beifuß, Wassermoos usw.) hergestellten und seinem hierzu verfaßten Werke beigegebenen Papiere. Da nur eine beschränkte Anzahl von Exemplaren des Buches hergestellt wurde, besaß es von vornherein einen besonderen Wert und wurde daher auch besonders sorgfältig behandelt. Die Papiere der beiden im Besitz des Material-

[1]) Jac. Christ. Schäffers Versuche und Muster, teils ohne alle Lumpen, teils mit geringem Zusatz derselben, Papier zu machen. Regensburg 1765 bis 1772. (Eingehend unter Anführung von Versuchsergebnissen besprochen in den Mitt. a. d. Königl. techn. Vers.-Anst. 1898 S. 143.)

prüfungsamtes befindlichen Exemplare (deutsch und holländisch) sind durchweg sehr gut erhalten; sie können z. Z. ihrer Herstellung nicht wesentlich anders gewesen sein und werden bei sorgfältiger Behandlung und Aufbewahrung sicher noch Jahrhunderte überdauern.

Auch die Tageszeitungen, die häufig bei der Grundsteinlegung öffentlicher Gebäude in Blechkästen verlötet und in den Grundstein eingemauert werden, werden voraussichttich lange Zeiträume in wenig verändertem Zustande überdauern, trotz ihrer geringen Festigkeit und ihres minderwertigen Fasermaterials und ihres meist hohen Füllstoffgehaltes.

Unter gleichen äußeren Verhältnissen und Beanspruchungen werden diejenigen Papiere sich am ausdauerfähigsten erweisen, die aus den chemisch widerstandsfähigsten Stoffen hergestellt sind und die besten Festigkeitseigenschaften aufweisen. Nun sind die Füllstoffe, welche die Papierindustrie verarbeitet, in bezug auf Veränderung infolge atmosphärischer und anderer chemischer Einflüsse auch den reinsten Pflanzenfasern, wie sie zur Herstellung unserer besten Papiere benutzt werden, weit überlegen. Es ist also nicht einzusehen, wie sie, wenn an allen Festigkeitseigenschaften der Papiere festgehalten wird, deren Ausdauerfähigkeit ungünstig beeinflussen sollen. Von dieser Annahme ausgehend, hat man bei der letzten Neubearbeitung der Papiernormalien die für den Aschengehalt der Normalpapiere bisher gültigen Grenzen aufgehoben und den Fabrikanten die Verwendung von mineralischen Füllstoffen gänzlich freigegeben. Mit dieser Aufhebung wurden gleichzeitig vielfach geäußerte Wünsche der Papierindustrie erfüllt, die dahin gingen, auch für die Papiere 1—2 b zur Erzielung besseren Aussehens, besserer Schreibfähigkeit usw. die Verwendung geringer Mengen Füllstoffe zuzulassen.

Bei den hohen Festigkeitswerten aber, die für diese Papiere, namentlich für die Klassen 1 und 2 a, vorgesehen sind, wird der Papiermacher von dieser Möglichkeit voraussichtlich nur in bescheidenem Maße Gebrauch machen können. Sollte es ihm aber gelingen, in dieser Beziehung fortzuschreiten und die erwähnten Papiere auch bei stärkerem Zusatz von mineralischen Beimengungen noch den sonstigen Bedingungen entsprechend herstellen zu können, so wäre dies als ein Fortschritt und nicht wie vielfach behauptet wird als ein Rückschritt anzusehen. Von zwei Papieren mit sonst gleichen Eigenschaften, insbesondere gleichen Festigkeitseigenschaften, von denen das eine Füllstoffe enthält, das andere nicht, ist ersteres qualitativ höher einzuschätzen, weil seine Herstellung nur durch Verwendung besserer Rohstoffe und durch bessere Verarbeitung ermöglicht werden konnte.

Mikroskopische Untersuchung.

Die Aufgabe der mikroskopischen Papierprüfung besteht hauptsächlich darin, die Art der Fasern zu bestimmen, aus denen ein Papier hergestellt ist; in zweiter Linie soll sie Aufschluß darüber geben, in welchem Zustande sich die Fasern befinden und in welchen Mengen sie vorhanden sind, soweit sich letzteres durch Abschätzung des mikroskopischen Bildes im Vergleich mit Mischungen von bekannter Zusammensetzung beurteilen läßt.

Durch Anwendung von Reagenslösungen verschiedener Art gelingt es, die Papierfasern in Gruppen zu trennen, die das Auge leicht durch ihre verschiedene Färbung unterscheiden kann. Innerhalb dieser Gruppen wiederum Unterschiede durch Färbung hervorzurufen, ist trotz aller Versuche bisher nicht in zufriedenstellender Weise gelungen. Eine sichere Kenntnis des Baues der Fasern bleibt daher ein unbedingtes Erfordernis zu ihrer Erkennung. Der Bau der Zelle gibt hierzu Anhaltspunkte, obschon diese nicht immer so sicher sind, daß Verwechslungen einzelner Fasern ausgeschlossen wären.

Vorbereitung des Papiers.

Das Papier als solches ist zum Mikroskopieren nicht ohne weiteres geeignet. Stellenweise wird vorgeschrieben, ein kleines Stück des zu untersuchenden Papiers auf dem Objektglase in einem Tropfen Wasser, Glyzerin o. a. mit Präpariernadeln zu zerfasern und unter dem Mikroskope zu betrachten; dieses Verfahren ist roh und unvollkommen, weil die neben den Fasern im Papier vorhandenen Körper, wie Leim, Stärke, Füllstoffe usw., den Bau der Zelle verdecken und ihr Erkennen erschweren. Um diese der Untersuchung hinderlichen Bestandteile zu entfernen, ist es erforderlich, das Papier zunächst in ganz verdünnter Natron- oder Kalilauge zu kochen.

Zur Erlangung einer guten Durchschnittsprobe entnimmt man, am besten aus verschiedenen Bogen, kleine Stücke des zu untersuchenden Materials, übergießt sie in einer Porzellanschale mit einer geringen Menge etwa fünfprozentiger Natronlauge, läßt diese einige

Zeit einwirken, fügt dann reichlich Wasser hinzu und erhitzt das Ganze zum Kochen. Schon bei diesem Kochen verrät sich die Anwesenheit eines Faserstoffes, nämlich die des Holzschliffes. Holzschliffhaltiges Papier färbt sich beim Kochen in der Lauge erbsengelb, während holzschliffreies im Aussehen unverändert bleibt.

Man kocht ungefähr eine Viertelstunde und rührt dabei häufig mit einem Glasstabe um; Papiere aus geringerem Material verlieren hierbei ihren Zusammenhang ziemlich leicht und liefern schnell eine breiige Masse, während festere Papiere sich erst nach längerem Rühren zerfasern. Ist das Kochen beendet, so bringt man das Ganze in einen unten durch ein ganz feinmaschiges Metallsieb verschlossenen Spültrichter von nebenstehender Form (Fig. 37) und gießt Wasser über die darin befindliche Masse, um die den Fasern noch anhaftende Lauge zu entfernen.

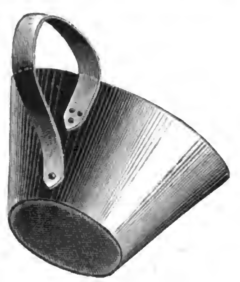


Fig. 37.
Spültrichter.

Je länger und gründlicher man wäscht, besonders wenn man hierbei den Brei noch durchrührt, um so reiner wird der Stoff und um so klarer sind die mikroskopischen Bilder. Es liegt aber bei starkem Waschen, namentlich wenn wenig Brei im Trichter ist, auch die Gefahr vor, daß Teile des Stoffes von besonderer Feinheit, wie die feinsten Teile von Holzschliff, Zähne von Esparto, Oberhautzellen und Parenchymzellen von Stroh und Esparto usw., mit dem Waschwasser durch das Sieb gehen. Man tut daher gut, das Waschen vorsichtig auszuführen und trübe durchgehendes so lange auf den Brei zurückzugießen, bis das ablaufende Wasser klar ist.

Der Brei wird dann in eine weithalsige, mit Glasstopfen versehene und zur Hälfte mit Wasser gefüllte Flasche gebracht, deren Boden etwa 2 cm hoch mit kleinen Granaten bedeckt ist. Die weitere Zerfaserung des Stoffes wird dann dadurch bewirkt, daß die Flasche kräftig geschüttelt wird, bis die Stoffklumpen verschwunden sind und ein gleichmäßiger dünner Brei entstanden ist. Dieser Ganzstoff wird mittels des erwähnten Siebtrichters abfiltriert (auch hierbei ist darauf zu achten, daß trübe ablaufendes Wasser wieder auf den Brei gegossen wird) und aus dem zurückbleibenden Brei dann das Material für die mikroskopischen Präparate entnommen.

Man erhält auf diese Weise klare mikroskopische Bilder, da die Fasern durch den Kochprozeß von allen Stoffen befreit sind,

die ihren Bau verdecken und die mikroskopische Untersuchung erschweren; ferner läßt sich der gewonnene Brei bequem präparieren, und schließlich stellt er eine gute Durchschnittsprobe dar.

Der Wasserzusatz in der Schüttelflasche hat einerseits den Zweck, die Beweglichkeit des Stoffes zu erhöhen und die Fasern der Einwirkung der Granaten leichter zugänglich zu machen, andererseits dient er dazu, eine zu starke Einwirkung zu verhindern; nimmt man zu wenig Wasser, so kann es vorkommen, daß die Fasern durch das Schütteln so stark angegriffen werden, daß sie im mikroskopischen Bilde entstellt erscheinen. Dieser Fall wird besonders dann eintreten, wenn man bei wenig Brei und wenig Wasser sehr lange und kräftig schüttelt. Aber auch bei hinreichendem Wasserzusatz ist das Schütteln nur so lange fortzusetzen, bis die klumpigen Massen zerteilt sind.

Bei Beobachtung dieser Vorsicht hat man keine störende Veränderung im Zustande der Fasern zu befürchten.

Sehr bequem ist, besonders bei kleinen Proben und sehr festem Papier, die Vorbereitung im Reagensglase und ohne Anwendung von Granaten. Man kocht die Probe mehrere Minuten mit einer etwa fünfprozentigen Lauge, kühlt etwas ab, verschließt die Mündung des Röhrchens mit dem Daumen und schüttelt so lange, bis vollständige Zerfaserung eingetreten ist. Der Inhalt des Röhrchens wird dann auf ein kleines ganz feinmaschiges Sieb (Fig. 38) gebracht und die zurückbleibende Fasermasse, nachdem sie unter Berücksichtigung der vorher erwähnten Vorsichtsmaßregeln mit Wasser gewaschen ist, zur Herstellung der mikroskopischen Präparate benutzt.


Fig. 38. Spülsieb.

Die Reinigung der Schüttelflaschen, der Siebtrichter und Porzellanschalen wird am besten gleich nach dem Gebrauch vorgenommen, oder man stellt die benutzten Gegenstände (die Schüttelflaschen geöffnet) in ein großes Gefäß mit Wasser, damit die Faserreste nicht antrocknen. Die Schüttelflasche wird behufs Reinigung zur Hälfte mit Wasser gefüllt, tüchtig durchgeschüttelt, wieder entleert und so weiterbehandelt, bis in dem über den Granaten stehenden Wasser keine Fasern mehr bemerkt werden; auch ganz vereinzelte Fasern sind in dem Wasser deutlich sichtbar.

Pappen, Preßspäne und ähnliche Erzeugnisse, welche beim Kochen mit Lauge nur schwer erweichen, spaltet man vorher in dünne Blätter, um sie der Einwirkung der Lauge leichter zugänglich zu machen.

Wenn dann die Stücke beim Schütteln nicht ganz auseinandergehen, gießt man den Brei auf das Sieb und knetet den Rück-

stand mit den Fingern tüchtig durch. Schüttelt man sie dann nochmals mit Wasser durch, so erhält man gut isolierte Fasern.

Gefärbte Papiere werden im allgemeinen nicht anders vorbehandelt als ungefärbte. Die Farbe wird häufig schon durch den Kochprozeß vollständig zerstört oder doch so umgewandelt, daß sie bei der Untersuchung nicht hindert; auch bei widerstandsfähigeren Farben pflegt die mikroskopische Untersuchung von gefärbtem Papierbrei im allgemeinen keine größeren Schwierigkeiten zu machen als das Mikroskopieren von ungefärbtem Brei. Eine besondere Behandlung des Papiers oder des Breies zur Entfernung des Farbstoffes ist nur dann erforderlich, wenn die Farbe so dunkel ist, daß sie den Bau der Fasern verdeckt. Als Farbstoff lösende oder zerstörende Mittel kommen hauptsächlich Alkohol, Salzsäure, Salpetersäure und Chlorkalk in Betracht. Ein Verfahren, das in allen Fällen zum Ziele führt, kann nicht angegeben werden, da die Art der Beseitigung in jedem einzelnen Falle von der chemischen Natur des verwendeten Farbstoffes abhängig ist.

Nicht geleimte Papiere, Löschpapiere, Filtrierpapiere, Halbstoffe usw. lassen sich schon mit Wasser allein zerkochen. Indessen tut man gut, auch in diesen Fällen etwas Lauge hinzuzufügen, da hierdurch bessere Färbungen und klarere mikroskopische Bilder erzielt werden. Nur bei wollhaltigen Papieren (Kalanderpapier, Schrenzpapier, Dachpappe usw.) ist Lauge ganz zu vermeiden, da Wolle von Natronlauge gelöst wird.

Pergamentpapiere zerfasern bei der beschriebenen Vorbehandlung nicht; das Verfahren läßt sich daher auf sie nicht anwenden. Die mikroskopische Untersuchung von Pergamentpapieren ist überhaupt mit Schwierigkeiten verknüpft, da die Fasern stark gequollen und daher schwer zu erkennen sind. Am besten erhalten findet man sie noch im Innern des Blattes, da hier der Pergamentierprozeß am wenigsten gewirkt hat; aus dieser Schicht muß man daher das Material für die mikroskopischen Präparate entnehmen.

Das Papier wird in schwacher Natronlauge kurze Zeit gekocht und mit Wasser gespült; man legt es dann auf eine Glasplatte, schabt mit einem Messer die oberste Schicht ab und gewinnt durch weiteres Schaben aus der mittleren Schicht geeignetes Fasermaterial. Dieses wird im Reagensglas nochmals kurze Zeit mit Natronlauge aufgekocht, tüchtig durchgeschüttelt und auf dem Siebe ausgewaschen. Da die Fasern noch Umwandlungsprodukte der Zellulose enthalten, so färben sie sich in Jodlösungen stärker als gewöhnliche Fasern; man muß die Lösungen daher verdünnen, um zu den richtigen Farbtönen zu kommen.

Herstellung der Präparate.

Wie schon erwähnt, wird das Erkennen der Fasern durch Anwendung geeigneter färbender Lösungen wesentlich erleichtert; als solche kommen vorzugsweise eine Jod-Jodkaliumlösung und eine Chlorzinkjodlösung von bestimmter nachstehend angegebener Zusammensetzung in Betracht.

1. Jod-Jodkaliumlösung.

Wasser	20	ccm
Jodkalium	2	g
Jod	1,15	„
Glyzerin	2	ccm

2. Chlorzinkjodlösung.

Man stelle zunächst die folgenden beiden Lösungen her.

Lösung A

20 g trockenes Zinkchlorid, 10 g Wasser.

Lösung B

2,1 g Jodkalium, 0,1 g Jod, 5 g Wasser.

Man vermische dann A mit B, lasse den entstandenen Niederschlag sich absetzen und gieße die überstehende klare Reaktionsflüssigkeit ab; in diese bringt man ein Blättchen Jod.

Auf genaue Innehaltung der Mengenverhältnisse der einzelnen Bestandteile ist zu achten, da schon bei geringen Abweichungen die Wirkung der Lösung beeinträchtigt wird. Beide Lösungen, die vor Licht zu schützen sind, füllt man zum Gebrauch am vorteilhaftesten in braune Pipettenflaschen.

Die Art der Färbung der für die Papierfabrikation hauptsächlich in Frage kommenden Fasern bei Anwendung der beiden Lösungen ist aus nachstehender Zusammenstellung (S. 89) ersichtlich.

Leider lassen sich die Färbungen der verschiedenen Fasern nicht bei jedem Papier scharf abgrenzen, da die Farbtöne, zumal bei stark zermahlenen Stoffen, zuweilen ineinander übergehen.

Jenke[1]) hat empfohlen, die Fasern in folgender Lösung zu beobachten.

50 ccm gesättigte Chlormagnesiumlösung
2,5 „ Jod-Jodkaliumlösung (2 g KJ, 1, 15 g J, 20 ccm H_2O).

Hierin erscheinen

Lumpen	braun,
Strohzellstoff . . .	blauviolett,
Holzzellstoff . . .	ungefärbt bis schwach rötlich.
Holzschliff, rohe Jute .	gelb.

[1]) Papier-Zeitung 1900 Nr. 77.

Fasern		Färbung in Jod-Jodkalium-lösung[1])	Färbung in Chlorzinkjod-lösung[2])
Gruppe I (Verholzte Fasern)	Holzschliff, rohe Jute, nicht ganz aufgeschlossene Zellstoffe[3])	teils leuchtend gelbbraun, teils gelb, je nach Schichtendicke und Verholzungsgrad	zitronengelb bis dunkelgelb
	Strohstoff	teils gelbbraun, teils gelb, teils grau	teils gelb, teils blau, teils blauviolett
Gruppe II (Zellstoffe)	Holzzellstoff und Adansonia	grau bis braun	blau bis rotviolett
	Stroh- und Jutezellstoff	grau	blau bis blauviolett
	Esparto	teils grau, teils braun	teils blau, teils weinrot
	Manilahanf	teils grau, teils braun, teils gelbbraun	blau, blauviolett, rotviolett, schmutziggelb, grünlichgelb
Gruppe III (Lumpenfasern)	Leinen, Hanf, Baumwolle	schwach- bis dunkelbraun, dünne Lamellen fast farblos	schwach bis stark weinrot[4])

Behrens-Delft[5]) hat vorgeschlagen, auch das optische Verhalten und die verschiedene Aufnahmefähigkeit der Fasern für gewisse Anilinfarben zur Trennung zu benutzen; man erzielt im letzteren Falle unterscheidende Färbungen, die in gewissen Fällen recht wertvoll sind.

Die vorgeschlagenen optischen Prüfungsverfahren, die unbestreitbar ein hohes wissenschaftliches Interesse haben,[6]) sind in die

[1]) Vgl. Tafel XIV.

[2]) Vgl. Tafel XV.

[3]) In der Praxis häufig als $^1/_4$, $^1/_2$ oder $^3/_4$ Zellstoffe, je nach dem Grade ihrer Aufschließung, bezeichnet.

[4]) Erscheinen die Lumpenfasern bläulich, so ist die Lösung zu stark und muß vorsichtig mit Wasser verdünnt werden, bis sich die Lumpen rot färben. Werden die Zellstofffasern nicht blau, sondern rötlich gefärbt, so ist die Lösung zu schwach; sie kann meist durch geringen Zusatz von Zinkchlorid brauchbar gemacht werden; gelingt dies nicht, so ist die Lösung neu anzufertigen.

[5]) H. Behrens, Mikrochemische Analyse 1896.

[6]) Vgl. auch Pauli, Die optischen Eigenschaften der Faser und ihre praktische Verwendung. Zentralblatt f. d. österr.-ung. Papierindustrie 1906 S. 1057.

Prüfungspraxis noch wenig eingedrungen. Man kommt meist mit den Unterscheidungsmerkmalen auf Grund des Baues der Faser und der Färbung mit den erwähnten Lösungen aus, und wo beides im Stiche läßt, versagt die optische Unterscheidung vielfach auch.

v. Höhnel[1]) behandelt den Faserbrei mit Jod-Jodkaliumlösung (eine etwa 3 cm starke Schicht soll rubinrot sein) und nach dem Abdrücken mit Fließpapier mit Schwefelsäure von bestimmter, durch praktische Versuche mit Fasern zu ermittelnder Stärke.[2])

Dann färben sich

Lumpen . . . . rotviolett,
Zellstoffe aus Holz und Stroh . . . rein blau,
Holzschliff und rohe Jute . . . . dunkelgelb.

Zum Zerteilen des Breies auf dem Objektglase bedient man sich zweier Präpariernadeln, am besten aus Platin, da andere Materialien, namentlich Hornnadeln, von der Jodlösung stark angegriffen werden.

Beim Arbeiten mit der Jod-Jodkaliumlösung kann man ein Klümpchen des erhaltenen Breies ohne weiteres verwenden; beim Färben mit der Chlorzinkjodlösung muß es erst von dem mechanisch anhaftenden Wasser befreit werden. Zu diesem Zwecke drückt man es auf ein Stückchen porösen Ton, Gips o. a. Fehlt es an derartigem Material, so läßt sich das Wasser auch durch sorgfältiges Ausstreichen des Breies auf der Hand entfernen. Die Beseitigung des Wassers ist bei Anwendung von Chlorzinkjodlösung erforderlich, weil anderenfalls die Färbung nicht mit der nötigen Schärfe eintritt.

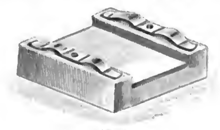


Fig. 39.
Präparierbrücke.

Das ausgedrückte Breiklümpchen bringt man auf das Objektglas, fügt 1—2 Tropfen der Lösung hinzu und verteilt die Fasern möglichst gleichmäßig.

Das Objektglas legt man hierbei hohl über eine weiße Unterlage, da sich die Fasern auf diese Weise am besten vom Untergrund abheben. Fig. 39 zeigt eine Vorrichtung, wie sie zu diesem Zwecke angewendet wird. Jedes Präparat wird mit einem Deckgläschen vom Rande der Flüssigkeit aus vorsichtig bedeckt und dann mit einem scharf geschnittenen Stück Fließpapier, welches man gegen den Rand des Deckgläschens hält, die zuviel zugesetzte Lö-

[1]) v. Höhnel, Über eine neue Methode der mikroskopischen Papierprüfung. Mitt. a. d. Technol. Gew.-Museum. Wien 1889 S. 6—8.

[2]) Klemm gibt in seinem Handbuch der Papierkunde 1904 S. 233 an, daß die Schwefelsäure genau 44,5° B. haben muß und aus 100 ccm Wasser und 125 ccm Schwefelsäure vom spez. Gew. 1,85 zu mischen ist.

sung fortgenommen. Hierbei ist indessen darauf zu achten, daß man das Papier nicht zu lange saugen läßt, da sonst zwischen Objekt- und Deckglas Luftblasen entstehen, die beim Untersuchen stören.

Zur staubfreien Aufbewahrung und bequemen Entnahme der Deckgläschen hat die Firma L. Schopper, Leipzig, Behälter angefertigt, die sich als sehr praktisch erwiesen haben. Aus Fig. 40 ist deren Bau und Wirkungsweise ohne weiteres zu ersehen; die Füllung mit Deckgläschen erfolgt bei abgenommenem Deckel nach dem Herunterklappen der Rückwand, die Entnahme der Gläschen von unten; der zwischen der unteren Platte und der Vorderwand befindliche Schlitz kann mittels einer Schraube so eingestellt werden, daß immer nur das unterste Deckgläschen entnommen werden kann.



Fig. 40.
Deckglasbehälter.

Für die Untersuchung der Fasern empfiehlt sich eine etwa 200 fache lineare Vergrößerung; man erkennt zwar viele Fasern schon bei einer geringeren Vergrößerung, aber die Feinheiten des Faserbaues gehen hierbei verloren. Im Materialprüfungsamte wird mit Zeißschen Mikroskopen, gewöhnlich mit dem Okular Nr. 2 und dem Objektiv D, gearbeitet. Diese Zusammenstellung entspricht ungefähr einer 200fachen Vergrößerung, die für die Unterscheidung der Fasern meist ausreicht und sich sehr gut bewährt hat.[1])

Will man sich einen Überblick über die Menge der verschiedenen Faserarten verschaffen, so wählt man eine geringere, etwa 50fache Vergrößerung, damit eine größere Fläche auf einmal übersehen werden kann (Okular 2, Objektiv A).

Sehr zu empfehlen ist daher ein Mikroskopstativ mit Revolver für zwei Objektive und Jriszylinderblendung, damit man den Wechsel in der Vergrößerung bequem und schnell vornehmen kann.

---

[1]) Handelt es sich bei der mikroskopischen Untersuchung nur um die Frage, ob ein Papier reines Lumpenpapier ist, eine Frage, die im Papierhandel sehr oft aufgeworfen wird, und will man sich auf solche Untersuchungen beschränken, so genügt eine einfache mikroskopische Einrichtung, wie sie die Firma Schopper für diesen Zweck zusammengestellt hat. (Fig. 41.)

Da es bei diesen Prüfungen nicht darauf ankommt, die Abstammung der einzelnen Fasern festzustellen, sondern nur, ob reine Lumpen vorliegen oder nicht, so kommt man unter Benutzung dieser einfachen mikroskopischen Ausrüstung zum Ziel. Der aus dem zu prüfenden Papier gewonnene Faserbrei wird in Chlorzinkjodlösung eingelegt und bei geringer Vergrößerung



Fig. 42.
Handmikrotom.

Für besondere Zwecke, z. B. bei der Untersuchung von Rohfasern, Hölzern, gestrichenen Papieren o. a., kann es vorkommen, daß man Dünnschnitte herstellen muß. Hierzu ist in den meisten Fällen ein Handmikrotom (Fig. 42) ausreichend, bei dem der Schnitt mit einem Rasiermesser geführt wird.

Das Objektiv wird in geeigneter Weise in einer abnehmbaren Klemme befestigt und durch Mikrometerschraube gehoben; die Bewegung erfolgt durch eine Mikrometerscheibe, die in 50 mm geteilt ist. Bei jeder Drehung um einen Teilstrich hebt sich das Präparat um $^1/_{100}$ mm. Das Messer wird aus freier Hand geführt und beim Schnitt durch zwei Glasbahnen gestützt.

---

betrachtet. Ist das Papier nur aus Lumpen hergestellt, so sieht man nur weinrote Fasern; Zellstoffasern, gleichgültig woher sie stammen, sind blau und verholzte Fasern (Holzschliff, rohe Jute usw.) gelb gefärbt.





Fig. 41.
Einfache mikroskopische Ausrüstung.

Da es sich nur um die Unterscheidung von drei Farben (rot, blau, gelb) handelt und die Färbung sehr deutlich ist, so kann man sich bei Papieren, die gleichzeitig Fasern von zwei oder drei Fasergruppen (Lumpen,

Unterscheidungsmerkmale der in der Tabelle Seite 89 aufgeführten Fasern.[1])

Gruppe 1: Verholzte Fasern.

Holzschliff[2]) (Tafel I und II).

Zur Herstellung von weißem und braunem Holzschliff werden vorzugsweise Nadelhölzer (Picea excelsa Fichte, Pinus silvestris Kiefer, Abies pectinata Tanne und auch wohl Pinus Larix Lärche) verwendet.

Der anatomische Bau aller zu den Nadelhölzern gehörigen Arten ist sehr gleichartig und deshalb die auf geringe Verschiedenheiten in dem Bau der Markstrahlzellen und auf das Vorkommen gewisser Poren bei den Holzzellen gestützte Unterscheidung oft recht schwierig. Bei der Papierprüfung hat diese Unterscheidung im allgemeinen wenig praktischen Wert, und es soll daher, um den Stoff nicht unnnütz zu erschweren und zu erweitern, auf die anatomischen Verschiedenheiten der einzelnen Koniferenarten nicht eingegangen werden. In Wiesners Technischer Mikroskopie und in ähnlichen Werken kann man die Unterscheidungsmerkmale finden.

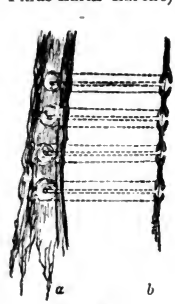


Fig. 43.

Die nachstehende Beschreibung bezieht sich zunächst auf den weißen Holzschliff (Taf. I), also auf den ausschließlich durch mechanische Zertrümmerung des Holzes (Schleifen) hergestellten. Wir haben es hierbei nicht mit einzelnen, freigelegten Zellen des Rohmaterials zu tun, sondern mit Bruchstücken von Fasern und Faserbündeln, die oft eine Größe erreichen, daß man sie schon mit bloßem Auge im Papier erkennt (Splitter).

Zellstoffe, verholzte Fasern) enthalten, durch Abschätzung des Bildes nach den Farben auch annähernd ein Urteil über das Mengenverhältnis bilden.

Die Ausrüstung enthält 1 Handstativ, 1 Okular, 1 Objektiv, 1 Präparierbrücke, 20 Objektträger, 50 Deckgläschen, 1 Paar Präpariernadeln, 1 Pinzette, 1 Vorbereitungssieb, 2 Reagierzylinder, 1 Flasche Natriumhydrat, 1 Flasche Chlorzinkjodlösung, 1 Flasche Malachitgrün, 1 Stück Leder, 1 kurze Beschreibung des Vorbereitens und Mikroskopierens der Papierfasern.

[1]) Die Angaben über die Färbung in Jod-Jodkalium- und Chlorzinkjodlösung sollen bei Besprechung der einzelnen Fasern nicht wiederholt werden; es wird hierzu auf die Tabelle S. 89 verwiesen.

[2]) Den Namen „Holzstoff“ für Holzschliff sollte man vermeiden, da er als solcher angewendet ungenau und mit dem Vermerk „mechanisch zubereitet“ versehen, umständlich ist.

Diejenigen Zellen, die dem Beobachter sofort auffallen und die am zahlreichsten vertreten sind, sind die sog. Holzzellen, teils dick-, teils dünnwandige Zellen, die durch die Tüpfel oder behöften Poren sehr charakteristisch gekennzeichnet sind. Die Tüpfel erscheinen, von der Fläche aus gesehen, meist als zwei konzentrische



Fig. 44.

Kreise, wie dies aus Fig. 43, die eine schematische Darstellung dieser Tüpfel, a) von der Fläche gesehen, b) in Seitenansicht, zeigt, deutlich zu ersehen ist. Ansicht b) wird man indessen bei Untersuchungen selten wahrnehmen. Die Tüpfel erscheinen

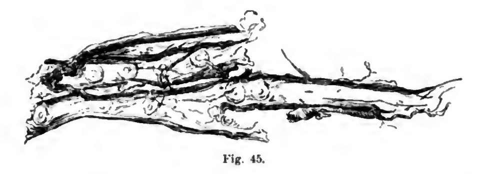


Fig. 45.

mehr oder weniger elliptisch geformt und zur Längsachse der Zelle schief gestellt.

Wenn auch ein großer Teil der Holzzellen beim Schleifen des Holzes zertrümmert wird (Fig. 44), so kommen doch auch noch viele gut erhaltene im Papier vor, an denen man diese Tüpfel deutlich wahrnehmen kann (Fig. 45).

Neben diesen Holzzellen sind jedoch noch andere vorhanden, die sich eben so vorzüglich zur Erkennung des Holzschliffes eignen, nämlich die Markstrahlzellen, welche im Stamme von der Mitte aus sternförmig nach außen verlaufen und durch ihr gitterförmiges Gefüge auffallen.

Fig. 46 zeigt derartige Markstrahlzellen, wie sie über darunterliegende Holzzellen fortlaufen.

Außer den Nadelhölzern werden auch in geringem Umfange Laubhölzer, wie Pappel, Birke u. a., verschliffen. Zur Erkennung

dieser Laubholzschliffe wird auf das S. 98 bei Besprechung der Zellstoffe aus diesen Hölzern Gesagte verwiesen.

Der braune Holzschliff (Braunschliff, Taf. II), bei dessen Herstellung das Holz vor dem Schleifen zunächst gedämpft wird, zeigt unter dem Mikroskop nicht mehr den starren Charakter des

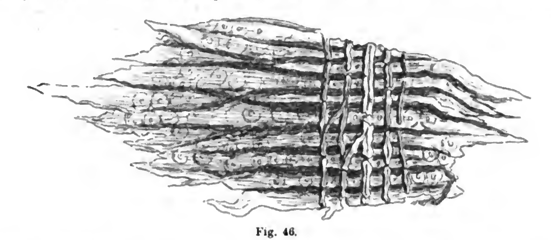


Fig. 46.

Weißschliffes, da die Zellen durch das Dämpfen in ihrem Zusammenhang sehr gelockert sind und daher beim Schleifen zum großen Teil schon Einzelfasern ergeben, die vereinzelt durch das Dämpfen auch sogar schon so weit von der Holzsubstanz befreit sind, daß sie Zellstoffcharakter zeigen. Der Braunschliff bildet somit eine Zwischenstufe zwischen dem Weißschliff und dem Zellstoff; er nähert sich im Aussehen teils mehr dem ersteren, meist aber mehr dem letzteren. Die Markstrahlzellen sind zum großen Teil verschwunden, und die Färbung der Fasern in Jodlösung ist nicht mehr so stark gelb wie beim weißen Holzschliff.

Jute (Tafel III).[1]

Was man unter dem Namen Jute namentlich zur Herstellung von Packpapier, Zuckerpapier, Briefumschlagpapier, sog. Manilapapier usw. verwendet, sind die Bastzellen mehrerer ostindischer Pflanzenarten (Corchorus olitorius, C. capsularis, C. fuscus, C. decemangulatus u. a.). Sie lassen sich schwer bleichen und finden deswegen für feine Papiere nur selten Verwendung.

Die charakteristische Eigentümlichkeit der Bastfasern dieser Pflanzen, die im ursprünglichen Zustande etwa 0,8—4 mm lang und 0,015—0,02 mm dick sind, besteht darin, daß die Wandstärke der Zellen an verschiedenen Stellen verschieden ist und oft schon im Bereich des mikroskopischen Bildes stark wechselt. Zuweilen ist die Wand sehr dünn, dann wird sie mehr oder minder plötzlich dicker und verdickt sich oft so sehr, daß die Höhlung der Zelle nur

---

[1]) Vgl. auch Jutezellstoff.

noch als dünne Linie erscheint oder auf kurze Strecken vollständig verschwindet, um dann wieder dieselben Wandlungen von neuem durchzumachen (Fig. 47).

Man darf indessen nicht erwarten, daß jede Zelle diese Merkmale so auffallend zeigt, wie eben geschildert; an manchen sind sie schwer aufzufinden und man muß die Zelle erst unter dem Mikroskop verfolgen, um Verschiedenheiten in der Wandstärke zu entdecken.

Stellenweise zeigen die Fasern Poren und ganz ähnliche Verdickungen (Knoten), wie wir sie bei der später zu besprechenden

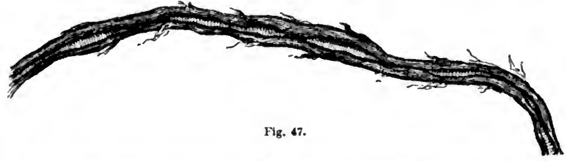


Fig. 47.

Leinenfaser regelmäßig antreffen werden; diese Knoten heben sich in Jod-Jodkaliumlösung durch ihre in mehr oder weniger gelbes Braun übergehende Färbung deutlich gegen die anderen Teile der Zelle ab.

Häufig kommt es vor, daß man die Jutefasern noch zu ganzen Bündeln vereinigt in dem mikroskopischen Bilde erblickt (Taf. III). Zur Erkennung des anatomischen Baues sind solche Bündel wenig geeignet, weil meist eine Zelle die andere verdeckt.

Hinsichtlich der charakteristischen Merkmale von Strohstoff und schlecht aufgeschlossenem Holzzellstoff, die beide hinsichtlich ihrer Färbung in Jodlösungen zur Gruppe I gehören, wird auf das bei Strohzellstoff und Nadelholzzellstoff Gesagte verwiesen.

Gruppe II: Zellstoffe.

Nadelholzzellstoff (Tafel IV).

Für das Erkennen des Nadelholzzellstoffes unter dem Mikroskop gilt natürlich im allgemeinen das vorher beim Holzschliff Gesagte; man erkennt ihn an den behöften Poren oder Tüpfeln der Holzzellen. Jedoch ist zu bemerken, daß das Gefüge der Zellen infolge des voraufgegangenen Kochprozesses weniger deutlich hervortritt als beim Holzschliff. Häufig ist man nicht imstande, die beiden konzentrischen Kreise der Poren genau wahrzunehmen; die Tüpfel erscheinen dann auf den Zellwänden mehr wie kreisförmige oder elliptisch geformte helle Stellen. Ferner fehlen meist die

charakteristischen Markstrahlzellen, die nur in seltenen Fällen und auch dann nur höchst undeutlich zu erkennen sind. Neben den behöften Poren zeigen die Fasern teilweise große einfache Poren (Fig. 48), die im Gegensatz zu den ersteren durch den Kochprozeß weit klarer sichtbar werden.

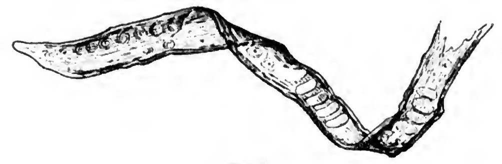


Fig. 48.

Bei nicht völlig aufgeschlossenem Zellstoff kommt es vielfach vor, daß die Fasern eine schwach gelbliche Färbung aufweisen. Dies beruht darauf, daß man es nicht mit vollkommen reinem Zell-



Fig. 49.

stoff, sondern mit Zellen zu tun hat, die noch, wenn auch in ganz geringem Maße, verholzt sind. Es kann bei einem solchen Material, wenn man es makroskopisch mit Phloroglucin behandelt, vorkommen, daß man infolge der auftretenden Rotfärbung glaubt, es mit Holzschliff zu tun zu haben.

Auf die Unterschiede der von verschiedenen Nadelhölzern herrührenden Zellstoffe soll hier nicht näher eingegangen werden; es sei auf das hierüber beim Holzschliff Gesagte verwiesen.

Nur hinsichtlich der beiden am meisten zu Papier verarbeiteten Holzarten, Fichte und Kiefer, sei bemerkt, daß die Fasern der ersteren kleine Poren in Gruppen zu vier übereinander angeordnet zeigen, die der Kiefer große, eiförmige, nicht in Gruppen stehende.

Die meisten Zellstoffe dürften wohl von der Fichte herrühren, die sich wegen ihres geringen Harzgehaltes am besten zur Fabrikation eignet.

Auf eine Eigentümlichkeit sei noch besonders hingewiesen; es treten bei manchen Holzzellstoffasern Erscheinungen auf, wie sie der

Baumwolle eigen sind, nämlich spiralförmige Windungen der Zelle und durch Spaltenbildung in der Zellwand verursachte gitterförmige Streifung der Zellwände (Fig. 49). Verwechslung mit Baumwolle ist indessen bei einiger Übung ausgeschlossen.

Die Länge der Fasern des Nadelholzzellstoffes beträgt etwa 2,5—3,8 mm, die Dicke 0,02—0,07 mm.

Laubholzzellstoff.

Die Fasern der Laubhölzer, von denen vorzugsweise Pappelarten, seltener auch Birken, zu Papierstoff verarbeitet werden, bieten nicht so charakteristische und leicht auffindbare Merkmale dar wie die der Nadelhölzer. Die Holzzellen sind meist dünnwandig, die breiteren sparsam mit Poren versehen, die eine scharf begrenzte mandelförmige, seltener rundliche Gestalt haben und zur Längsachse der Zelle schief gestellt sind.

Die Faserlänge ist geringer als bei den Nadelhölzern; sie beträgt etwa 1 mm bei 0,03 mm Dicke.

Bemerkenswert sind bei den Laubhölzern die zahlreichen röhrenartigen Gefäße, die einen größeren Porenreichtum aufweisen und zur Unterscheidung der einzelnen Holzarten einen Anhalt geben.

Birkenholzzellstoff (Tafel V).

Die Holzzellen der Birke sind oft sehr dünnwandig; die dickwandigen sind den Bastzellen des Strohes nicht unähnlich.

Die dünnwandigen Zellen tragen vielfach einfache mandelförmige Poren, deren Längsachsen teilweise parallel, teilweise schief

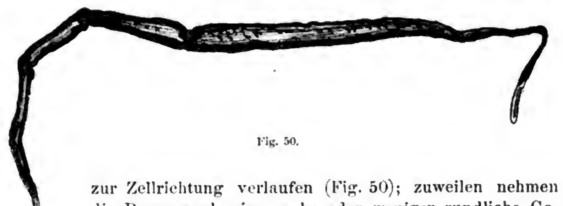


Fig. 50.

zur Zellrichtung verlaufen (Fig. 50); zuweilen nehmen die Poren auch eine mehr oder weniger rundliche Gestalt an. Die Enden der Zellen sind sehr mannigfaltig, teilweise sehr spitz, teilweise abgestumpft bis rund.

Die Gefäße, die oft noch vollständig und sehr schön erhalten im Papier vorkommen, sind mit einer großen Anzahl einfacher schlitzförmiger Poren versehen, die senkrecht zur Längsachse des Gefäßes gestellt sind. Diese Poren sind zuweilen über das Gefäß gleichmäßig verteilt (Fig. 51).

An den Enden sieht man die gitterförmig durchbrochenen Querwände der Gefäße sehr schön. Der Gefäßreichtum ist bei der Birke sehr groß.

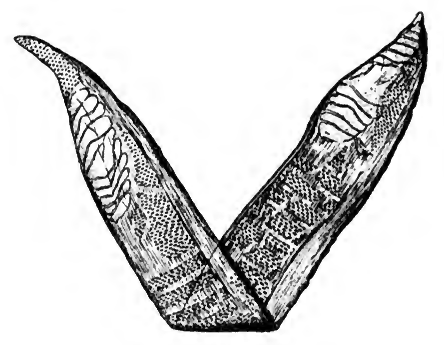


Fig. 51.

Der Birkenzellstoff gibt zwar ein sehr schön weißes, aber wenig festes und dehnbares Papier und wird wohl nur in Ländern hergestellt, wo es an anderen Holzarten, namentlich an Nadelhölzern, fehlt.

Pappelholzzellstoff (Tafel VI).

Zur Herstellung dürfte vorzugsweise das Holz der Zitterpappel (Populus tremula) und der Weißpappel (P. alba) Verwendung finden. Unter den Laubhölzern liefern diese beiden Hölzer den zur Bereitung von Papier geeignetsten Zellstoff.

Über die Holzzellen der Pappel läßt sich kaum etwas anderes sagen als über die der Birke; sie sind einander zum Verwechseln ähnlich; die breiteren weisen hier nicht so viele und in der Regel kleinere Poren auf als die der Birke. Schmale Zellen mit knotenförmigen Verdickungen (Fig. 52) kommen ziemlich häufig vor.

An Gefäßen ist die Pappel ärmer als die Birke. Die Poren sind größer als bei dieser und von einem fünf- bis sechseckig rundlichen Hof umgeben (Fig. 53); auch große einfache Poren sind in den Gefäßwänden vorhanden (Fig. 54). Charakteristisch für die Gefäße sind die schwanzartigen Enden, die oft eine beträchtliche Länge er-



reichen (Fig. 54). Die gitterförmig durchbrochenen Querwände, die bei der Birke so charakteristisch hervortreten, fehlen hier.

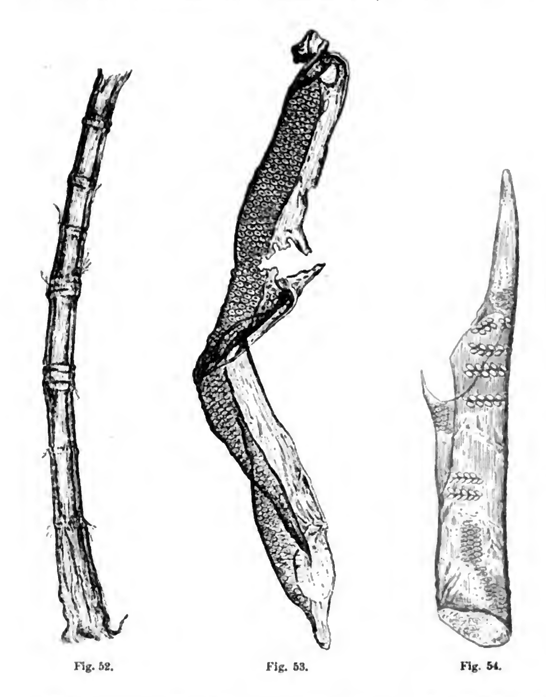


Fig. 52. Fig. 53. Fig. 54.

Andere Laubhölzer, wie Linde, Erle, Ahorn usw. dürften wohl auch gelegentlich zu Zellstoff verarbeitet werden, ein weiteres Eingehen hierauf erscheint indessen nicht am Platze.

Strohzellstoff (Tafel VII).

Zur Herstellung von Strohzellstoff wird das Stroh aller Getreidearten verarbeitet, und es wird hauptsächlich von der Lage einer Strohstoffabrik abhängen, ob sie mehr Roggenstroh, Weizen-

stroh oder andere Strohsorten verwendet. Am meisten dürfte bei uns wohl Roggenstroh zur Verarbeitung kommen.

Es soll hier auf die Beschreibung der geringen anatomischen Unterschiede, welche die einzelnen Stroharten im Bau der Zellen (Oberhautzellen) aufweisen, aus demselben Grunde wie bei dem Holz-

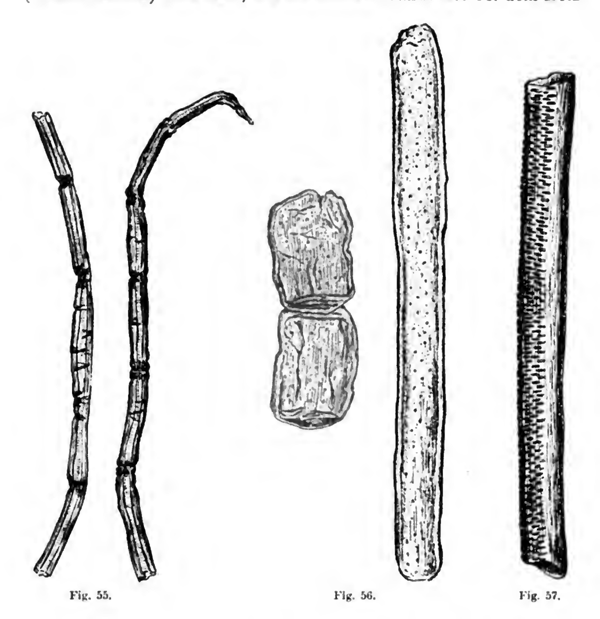


Fig. 55. Fig. 56. Fig. 57.

zellstoff nicht eingegangen werden; unser Urteil über ein Papier, das Strohzellstoff enthält, wird für praktische Zwecke nicht wesentlich vollkommener, wenn wir erfahren, daß letzterer z. B. dem Weizenstroh entstammt.

Aus einem mikroskopischen Bilde von Strohfasern heben sich sofort die sehr charakteristisch geformten Oberhautzellen, dickwandige, mehr oder weniger verkieselte Zellen, deren Ränder wellenförmig gebogen sind, deutlich ab (Taf. VI). Mit diesen wellenförmigen Ausrandungen schließen die Zellen dicht aneinander, und in dem

Strohstoff findet man noch kleine Kolonien solcher innig miteinander verbundenen Zellen; im Strohzellstoff und aus diesem hergestellten Papier sind sie selten. Diese Oberhautzellen kommen in den mannigfachsten Größen vor; das Verhältnis von Länge zu Breite wechselt von $^1/_1$ bis auf mehr als $^{10}/_1$. Auch die Ausrandungen haben verschiedene Gestalt; bald hat man tiefe Einbuchtungen, bald nur schwache Wellenlinien. Wenn nun auch diese Oberhautzellen ein leichtes Erkennen des Strohzellstoffes ermöglichen, so bilden sie doch nur einen geringen Teil aller aus dem Stroh stammenden Zellen; unter diesen herrschen die Bastzellen bei weitem vor. Diese dünnen langgestreckten Fasern, etwa 0,5—2 mm lang und 0,01—0,02 mm dick, welche von sehr regelmäßigem Bau sind, werden von einem nach dem Ende zu sich verjüngenden schmalen Hohlkanal durchzogen (Fig. 55). In ziemlich regelmäßigen Abständen zeigt die Wandung knotige Verdickungen. Diese Verstärkungen erstrecken sich oft auch nach dem Innern der Zelle, so daß das Lumen an diesen Stellen eng zusammengeschnürt erscheint.

Die Bastzellen weisen zahlreichen Poren auf, die als dunkle Linien von der Höhlung aus nach außen zu verlaufen.

Neben diesen beiden Arten von Zellen, den Oberhaut- und Bastzellen, findet sich beim Stroh eine große Anzahl sehr dünnwandiger Parenchymzellen (Fig. 56); diese sind an beiden Enden abgerundet; teilweise erscheinen sie fast kreisförmig, teilweise sehr langgestreckt, mehr oder weniger mit einfachen Poren versehen. Sie sind von Wichtigkeit für die Untersuchung, weil sie, wie wir später sehen werden, ein Mittel an die Hand geben, Strohzellstoff von Alfazellstoff zu unterscheiden.

In untergeordnetem Maße treten Gefäße auf.

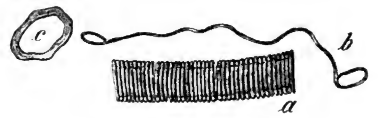


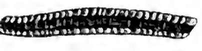
Fig. 58a, b, c.

Vielfach unverletzt trifft man Tüpfelgefäße an, dünnwandige, röhrenförmige Zellen, deren Wände von sehr zahlreichen rundlichen oder schlitzförmigen Poren durchsetzt sind (Fig. 57).

Spiralgefäße in unversehrtem Zustande (Fig. 58a) sind sehr selten; meist sind die Spiralen durch die Bearbeitung auseinander-



gezogen und finden sich als wurmartige Gebilde im Präparate (Fig. 58b). Dasselbe gilt von den Ringgefäßen; die Ringe sind meist aus den Gefäßen herausgetreten und zeigen sich dem Beobachter als solche (Fig. 58c). Zu erwähnen sind ferner noch die Sklerenchymelemente, sehr stark verdickte und verkieselte Zellen (Fig. 59).


Fig. 59.

Alfa-(Esparto-)Zellstoff (Tafel VIII).

Die zu den Gramineen gehörigen Ligaeum Spartum und Stipa tenacissima, zwei in Spanien und Nordafrika in großen Mengen vorkommende Pflanzen, liefern das Rohmaterial für den Alfa- oder Espartozellstoff, der dem Strohzellstoff sehr nahe steht, bei uns indessen nur in beschränktem Maße Verwendung findet. Der Bau der Zellen ist dem der Strohzellen sehr ähnlich, und es dürfte nicht immer möglich sein, zu entscheiden, ob z. B. eine im Papier vorhandene Oberhautzelle von Stroh oder Esparto herrührt.

Im allgemeinen ist der Bau der Alfazellen zierlicher, Länge und Breite der Zellen sind kleiner als beim Stroh; jedoch ist es nicht immer möglich, hierauf eine sichere Unterscheidung zu gründen.

Die Bastzellen sind kurz und häufig in ihrer ganzen Länge im mikroskopischen Gesichtsfelde zu beobachten. Sie sind etwa 0,25—2 mm lang und 0,01—0,015 mm dick, sehr regelmäßig gebaut und haben stark verdickte Zellwände, so daß der Hohlkanal oft nur als Linie erscheint. Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Höhlung, wie wir sie beim Stroh kennen gelernt haben, sind beim Alfa nicht zu bemerken.

Von den Oberhautzellen läßt sich im wesentlichen nichts anderes sagen als von denen des Strohes. Von verschiedenen Seiten ist auf die angeblich verschiedenartig scharfe Ausrandung der Oberhautzellen bei Stroh und Esparto eine Unterscheidung gegründet worden, die indessen kaum stichhaltig sein dürfte; hiernach sollen diese Zellen bei Alfa tiefer ausgerandet sein als beim Stroh. Die zahlreichen Untersuchungen, die im Materialprüfungsamt ausgeführt worden sind, haben jedoch gezeigt, daß auch Stroh sehr tief ausgerandete Oberhautzellen aufweist.


Fig. 60.

Die Zähnchen beim Alfastoff hingegen (Fig. 60) geben ein recht gutes Unterscheidungsmerkmal ab. Diese finden sich in Alfapapieren in ziemlicher Menge und in mannigfachster

Form vor, bald kurz und gedrungen, bald lang und spitz, oder hakenförmig umgebogen.

Große dünnwandige Parenchymzellen fehlen beim Alfastoff vollständig, und so liefern diese beiden Elemente, Oberhaut und Parenchymzellen, ein Mittel, Stroh und Alfa zu unterscheiden.

Die auch beim Alfastoff vorkommenden Sklerenchymelemente sind ähnlich wie beim Stroh.

Zellstoff aus Jute, Manila und Adansonia.

Die Bastfasern dieser drei Pflanzenarten sind zum Teil einander so ähnlich, daß sie, namentlich in Gemischen, nicht immer mit Sicherheit voneinander unterschieden werden können.[1] Ein Umstand, der das Bestimmen der Faserarten erschwert, ist die oft sehr verschiedenartige Färbung bei Behandlung mit mikrochemischen Reagentien. Diese Verschiedenartigkeit wird dadurch veranlaßt, daß die Fasern, welche im Rohzustande alle mehr oder weniger verholzt sind, im Hinblick auf ihre vorzugsweise Verwendung zu Pack- und Briefumschlagpapier, selten vollständig und gleichmäßig entholzt werden. Man findet daher oft alle Übergänge von verholzten bis zu völlig aufgeschlossenen Fasern vor.

Dies erschwert die Unterscheidung, und daher erscheint bei Abgabe eines Urteils über die Stoffzusammensetzung eines Papiers, welches die genannten Fasern enthält, besondere Vorsicht am Platze.

Jutezellstoff.

Für den anatomischen Bau der Jutefaser gilt natürlich im allgemeinen das Seite 95 Gesagte. Hinzuzufügen ist nur, inwieweit das mikroskopische Bild sich durch den Aufschließungsprozeß geändert hat.

In bezug auf die Färbung der Fasern in Jodlösungen wird auf Seite 89 verwiesen.

Die Bündel von Fasern treten bei aufgeschlossener Jute seltener auf; sie sind dann geschmeidiger als im Rohzustand und lösen sich an den Enden meist in Einzelfasern auf.

Die Einzelfaser ähnelt in ihrem Aussehen der Herbstholzfaser der Nadelhölzer und der Strohbastfaser, mit der sie auch in ihren Abmessungen sehr übereinstimmt.

Nach den Enden zu verjüngt sich die Faser meist ganz allmählich; die Enden selbst sind gewöhnlich abgerundet.

---

[1] Vgl. Jute, Manila, Adansonia. Von Prof. G. Dalén und Dr. Wisbar. Mitt. a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1902.

Außer den Zellen mit wechselndem Hohlkanal findet man, wenn auch seltener, solche mit gleichmäßig verlaufendem Lumen und gleichmäßiger Wandstärke; letztere ist oft so gering, daß die Zellwände zusammenklappen und die Faser dann ein baumwollähnliches Aussehen erhält.

In Jodlösungen zeigen die Fasern Querstreifungen, die zum Teil von Porengängen herrühren.

Manila (Tafel IX).

Hierher gehören die Bastfasern verschiedener Musaceen, namentlich von Musa textilis, M. sapientium, M. paradisiaca. Ihre Länge schwankt von 3—12 mm, die Dicke von 0,016—0,032 mm. Das über das Aussehen der Jutefaser im Papier Gesagte gilt zum großen Teil auch für die Manilafaser. Auch hier kommen Faserbündel vor, wenn auch nicht so zahlreich wie bei der Jute. Zuweilen fehlen die Bündel auch völlig. Man beobachtet auch hier zweierlei Bastfasern, dickwandige mit unregelmäßigem und dünnwandige, baumwollartige mit gleichmäßig verlaufendem Hohlkanal. Indessen ist der Wechsel weniger ausgeprägt als bei der Jute.

Schlitzförmige Poren durchsetzen die Wand der Bastzellen häufig in schräger Stellung. Die Manilafasern zeigen im Gegensatz zu den Jutefasern meist protoplasmatischen Inhalt, der sich in den Jodlösungen gelb bis gelbbraun färbt. Die Enden der Fasern zeigen häufig bleistiftartige Zuspitzungen; die Spitze ist teils scharf, teils abgestumpft. Die Querstreifung der Faser ist bei Manila noch ausgeprägter als bei Jute, die Streifen sind zahlreicher und kräftiger. Sehr charakteristisch für Manila sind dickwandige Parenchymzellen mit meist schrägen Wänden, die häufig die Form eines Rhombus besitzen und in einem Papier, das größere Mengen Manila enthält, selten fehlen.

Die übrigen Elemente, welche noch ab und zu in Manilapapieren vorkommen, sind verhältnismäßig selten und kommen für das Erkennen wenig in Betracht. Es gehören hierher Spiralgefäße, sowie die von Höhnel erwähnten Stegmata.

Adansonia (Tafel X).

Die Adansoniafaser stammt aus dem Bast des in Afrika heimischen Affenbrotbaumes (Adansonia digitata). Der Bast kommt in etwa 80 cm langen, 8—10 mm dicken und 40—50 mm breiten Stücken zu uns, ist von brauner Farbe und zeigt große Festigkeit. Die Faser ist kräftig gebaut, walzenförmig und wie schon erwähnt der Manila- und Jutefaser teilweise sehr ähnlich. Charakteristisch

ist die häufig vorkommende Erscheinung, daß die Fasern in der Dicke Unregelmäßigkeiten (Erweiterungen ohne Änderung der Wandstärke) zeigen und sich nach dem Ende zu plötzlich verjüngen. Bei der Verarbeitung lösen sich die äußersten Gewebeschichten vielfach ab, und die sehr fein zerfaserten Strähnchen umgeben die Zellen an manchen Stellen wie mit einem Schleier (Fig. 61). Diese



Fig. 61.

Erscheinung tritt zwar auch bei anderen Fasern auf, aber nicht in solchem Umfange wie bei Adansonia. Die Höhlung verläuft sehr verschieden; sie ist oft nur als dunkle Linie erkennbar, erweitert sich dann plötzlich und nimmt mehr als die Hälfte der Zellbreite ein. Die Enden sind meist abgerundet, seltener zugespitzt. Bündel von zusammenhängenden Fasern kommen kaum vor. Sehr häufig begegnet man Gruppen von stark verkalkten parenchymatischen

Zellen (Fig. 62), sowie dünnwandigen Parenchymzellen und Bruchstücken von **netzartigen Gefäßen** (Fig. 63).



Fig. 62. Fig. 63.

Für die Erkennung und das Auseinanderhalten von Jute, Manila und Adansonia bietet der Gesamteindruck, welchen das mikroskopische Bild, als Ganzes betrachtet, auf den Beobachter

Hauptunterscheidungsmerkmale für Jute-, Manila- und Adansoniafasern.

Faserart		Färbung in Jod-Jodkaliumlösung	Färbung in Chlorzinkjodlösung	Hohlkanal	Enden	Poren	Nebenbestandteile
Jute	verholzt	leuchtend gelbbraun oder braun	gelb oder grüngelb	in der Weite oft wechselnd	im allgemeinen abgerundet	parallel zur Achse gestellte Schlitze	keine
	entholzt	grau, bisweilen braun	blau, bisweilen rotviolett	in der Weite oft wechselnd	im allgemeinen abgerundet	parallel zur Achse gestellte Schlitze	keine
Manila		grau, braun, gelblich	blau, rotviolett und gelb, sowie Zwischenfarben	bei den dickwandigen Fasern von wechselnder Breite, bei den dünnwandigen gleichmäßig	oft bleistiftartig zugespitzt	schräg oder parallel zur Achse gestellte Schlitze	Gruppen oder einzelne Parenchymzellen mit ziemlich dicken schrägen Wänden
Adansonia		schmutzig grau und braun	blau bis rotviolett	die Weite ändert sich mit der Breite der Faser	meistens abgerundet	schräg od. parallel zur Achse gestellte Schlitze	verkalkte Parenchymzellen und Gefäßbruchstücke

macht, oft einen Anhalt. Dieser durch die Gesamtwirkung von Streifung, Abmessung, Krümmung, Starrheit usw. der Fasern auf das Auge hervorgerufene Eindruck läßt sich schwer beschreiben, dagegen geben ihn die photographischen Aufnahmen (Tafel III, IX, X) wieder. Der Beobachter muß sich durch eingehende Betrachtung mikroskopischer Bilder der genannten drei Fasern mit dem Gesamteindruck vertraut machen.

In vorstehender Tabelle sind die ausgeprägtesten Merkmale der drei Faserarten zur besseren Übersicht nochmals gegenübergestellt.

Beurteilung des Verholzungsgrades der Zellstoffe im Papier.

Die in der Papierfabrikation verwendeten Zellstoffe sind teils völlig entholzt, teils enthalten sie noch geringe Mengen der Holzsubstanz; es hängt dies ab von dem Aufschließungs- und Bleichprozeß, den sie durchgemacht haben. Gebleichte Stoffe sind meist frei von Holzsubstanz, ungebleichte oder halb gebleichte zeigen noch mehr oder weniger starke Verholzung. Die Färbung der Fasern in Jodlösung läßt oft schon erkennen, mit welchem Grade der Verholzung man es zu tun hat. Deutlicher noch läßt sich dies durch Behandlung mit gewissen Farbstoffen ermitteln.

Verfahren nach Dr. Klemm.[1])

Dr. Klemm beurteilt den Grad, bis zu welchem die Holzzellen in reine Zellstoffasern übergeführt worden sind, nach dem Farbton und der Stärke der Färbung mit Malachitgrün in essigsaurer Lösung. (Der Farbstoff wird in Wasser mit 2% Essigsäure bis zur Sättigung gelöst.)

Das Reagens ist für mikroskopische Präparate und, wenn Zellstoff als solcher vorliegt, auch makroskopisch anwendbar.

Je reiner ein Zellstoff ist, um so weniger färbt er sich. Die besten gebleichten Stoffe färben sich fast gar nicht, halbgebleichte himmelblau, ungebleichte stark grün.

In Verbindung mit Malachitgrün läßt sich nach Klemm durch einen zweiten Farbstoff herausfinden, ob Natron- oder Sulfitzellstoff vorliegt. .

Dies geschieht durch eine gesättigte, mit 2% Alkohol versetzte Lösung von Rosanilinsulfat in Wasser, die mit Schwefelsäure versetzt wird, bis sie einen violetten Schimmer angenommen hat.

---

[1]) Klemm, Papierkunde 1904 und Papier-Zeitung 1896 Nr. 44.

Die Zellstoffe färben sich wie folgt.

1. Ungebleichter Sulfitzellstoff wird tief violettrot
2. Gebleichter Sulfitzellstoff nimmt eine weniger starke und weniger ins Violett spielende rote Färbung an.
3. Ungebleichter Natronzellstoff färbt sich durchschnittlich noch etwas weniger als gebleichter Sulfitstoff.
4. Gebleichter Natronzellstoff erhält nur einen schwach rötlichen Schimmer oder färbt sich überhaupt nicht.

Die bei alleiniger Anwendung der Rosanilinlösung nicht mögliche Unterscheidung von gebleichtem Sulfit- und ungebleichtem Natronzellstoff läßt sich nach Klemm bewerkstelligen, wenn außerdem noch die Prüfung mit Malachitgrün vorgenommen wird. Färbt sich der Zellstoff mit Rosanilinsulfat rot, mit Malachitgrün deutlich grün, so hat man es mit ungebleichtem Natronzellstoff zu tun; färbt er sich mit Rosanilinsulfat wohl auch rot, mit Malachitgrün dagegen schwach blau oder gar nicht, so hat man auf gebleichten Sulfitzellstoff zu schließen.

Unter Zugrundelegung der von Behrens[1]) für die Unterscheidung von Gewebefasern vorgeschlagenen Doppelfärbung mit Malachitgrün und Kongorot kann man die verschiedenen Reinheitsgrade der Zellstoffe vielleicht noch deutlicher unterscheiden.

Das zu prüfende Material wird durch Kochen mit verdünnter Natronlauge aufgeschlossen.

Der Faserbrei wird hierauf mit der 15—20 fachen Menge einer etwa $^1/_2$ prozentigen Lösung von Malachitgrün in Wasser, die mit einigen Tropfen Essigsäure angesäuert ist, einige Minuten erwärmt, dann, nachdem er gut durchgeschüttelt worden ist, auf ein Sieb gebracht und ausgewaschen, bis das Waschwasser fast farblos abläuft. Schon nach dieser Vorbehandlung kann man sich oft ein Bild von dem Verholzungsgrad der Fasern machen. Sind sie stark verholzt, so erscheinen sie stark grün gefärbt; sind sie nicht oder wenig verholzt, so zeigen sie nur eine schwache grünliche Färbung.

Zur weiteren Beurteilung wird der mit Malachitgrün behandelte Stoff in ähnlicher Weise mit einer 15—20 fachen Menge wässeriger, etwa $^1/_2$ prozentiger Kongorotlösung, zu der man einige Körnchen Soda fügt, gefärbt und ausgewaschen, bis das Waschwasser fast farblos abläuft.

Aus dem so behandelten Stoff werden geringe Mengen entnommen und in Wasser oder Wasser und Glyzerin präpariert. Stark

---

[1]) H. Behrens, Mikrochemische Analyse 1896 S. 52.

verholzte Fasern erscheinen dann im mikroskopischen Bilde deutlich grün gefärbt, weniger verholzte bläulichgrün bis hellgrün und unverholzte Fasern rot.

Unterscheidung von Sulfit- und Natronzellstoff als Zellstoffe.

Der Fachmann wird, wenn Zellstoffe als solche vorliegen, leicht in der Lage sein, festzustellen, ob es Sulfit- oder Natronstoffe sind. In Zweifelsfällen kann der Harzgehalt, der bei beiden verschieden groß ist, mit zur Entscheidung herangezogen werden.

Bei der im Materialprüfungsamte an 79 Sulfit- und 17 Natronzellstoffen ausgeführten Bestimmung[1]) ergab sich folgendes.

1. Der Harzgehalt gebleichter Zellstoffe ist etwas geringer als der ungebleichter.
2. Die verschiedenen Herstellungsverfahren für Sulfitzellstoffe haben keinen ausgesprochenen Einfluß auf den Harzgehalt.
3. Der Harzgehalt der Sulfitzellstoffe beträgt rund 0,5 %, der der Natronzellstoffe rund 0,05 %.

Schwalbe[2]) hat auf Grund dieser Verschiedenheit beider Zellstoffe im Harzgehalt die sog. Cholesterinreaktion zur Unterscheidung beider vorgeschlagen.

Wird Harz mit Essigsäureanhydrid und konzentrierter Schwefelsäure versetzt, so tritt zunächst Rosafärbung, dann Blau-, bzw. Grünfärbung ein. Sulfitzellstoff zeigt wegen seines hohen Harzgehaltes diese Reaktion deutlicher als Natronzellstoff. Bei ersterem ergibt sich deutliche Grünfärbung, beim letzteren höchstens ein schmutziges Gelb.

Die Prüfung wird wie folgt ausgeführt.

Etwa 0,5 g Zellstoff übergießt man mit 1—2 ccm Tetrachlorkohlenstoff oder Chloroform und erwärmt zum Sieden; die Flüssigkeit gießt man in ein Reagensglas, fügt etwa 0,5 ccm Essigsäureanhydrid hinzu und tropft reine konzentrierte Schwefelsäure ein, etwa 6—10 Tropfen. Entsteht zunächst eine zarte, rosarote Färbung, die rasch verschwindet und einer grünen Platz macht, so liegt Sulfitzellstoff vor. Natronzellstoff zeigt die Reaktion nicht, höchstens tritt schmutzige Gelbfärbung ein.

Der Zusatz von Schwefelsäure ist so zu bemessen, daß Trennung in zwei Schichten erfolgt, deren obere deutlich grün ist, während die untere farblos bleibt.

---

[1]) Harzgehalt von Zellstoffen. Mitt. a. d. Königl. Mat.-Prüf.-Amt. 1904 S. 180 und 1905 S. 306.

[2]) Unterscheidung von Sulfit- und Natronzellstoff. Wochenblatt für Papierfabrikation 1906 Nr. 34.

Ob der Stoff gebleicht oder ungebleicht ist, ist für die Reaktion gleichgültig.

Gruppe III: Lumpenfasern.

Baumwolle (Tafel XI).

Mit dem Namen Baumwolle bezeichnet man die Samenhaare einiger Gossypium-Arten (G. indicum, G. barbadense, G. herbaceum usw.). Diese Haare sind bis zu 40 mm lang, 0,02—0,04 mm breit, kegelförmig sich nach dem Ende zu verjüngend, einzellig und ohne Querwände. Die Enden sind stumpf bis rundlich, werden aber im Papier selten angetroffen. Die Zelle ist einem Schlauche ähnlich, dessen Höhlung etwa $^1/_3$—$^2/_3$ des ganzen Durchmessers



Fig. 64.

ausmacht. Trocknen diese Samenschläuche aus, so klappen die Wände, da sie wegen ihres schwachen Baues dem Luftdruck nicht



Fig. 65.

widerstehen können, aufeinander, und die gleichzeitig auftretenden Spannungen der Wandung veranlassen eine spiralförmige Drehung der Zelle, eine Erscheinung, die zum leichten Erkennen der Baumwolle wesentlich beiträgt. Fig. 64 gibt ein Bild der rohen Baumwollfaser, an welcher diese Drehung sehr deutlich zu beobachten ist.

Bei den aus dem Papier stammenden Baumwollfasern oder Faserteilchen tritt diese Erscheinung seltener und weniger deutlich auf, da man es immer nur mit verhältnismäßig kurzen Enden zu tun hat.

Indessen ist die Baumwolle, wenn sie gut erhalten ist, auch ohne diese spiralförmigen Windungen mit keiner der noch folgenden Lumpenfasern zu verwechseln. Zunächst fehlen der Faser sowohl die dem Leinen und Hanf eigentümlichen Poren, feine Kanäle, die von der Zellhöhle aus durch die Wandung nach außen verlaufen, als auch die zahlreichen knotenartigen Auftreibungen. Ferner zeigt die Zellwand vielfach eine höchst charakteristische Streifung, die der ganzen Zelle eine gitterförmige Zeichnung aufprägt (Fig. 65).

Allerdings kommen auch bei dem Nadelholzzellstoff derartig gitterförmig gezeichnete Zellen vor, indessen ist eine Verwechslung mit diesen schon infolge der verschiedenen Färbung ausgeschlossen.

Die eigentümliche Streifung in Verbindung mit dem weiten Hohlkanal der Zelle und das Fehlen von Poren und Knötchen, wie sie den folgenden beiden Faserarten eigentümlich sind, bilden demnach sichere Anhaltspunkte zur Erkennung der Baumwolle. Zudem hat sie von den Lumpenfasern den größten Durchmesser und erscheint durch die Jodlösung meist etwas dunkler gefärbt als die Leinen- und Hanffaser.

Es kommt zuweilen vor, daß durch Drehen oder Zusammendrücken der Faser der Hohlkanal so eng wird, daß er nur als

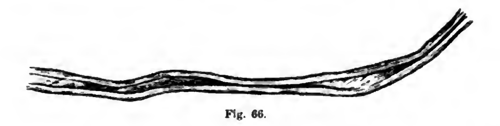


Fig. 66.

dunkle Linie erscheint (Fig. 66); man hüte sich davor, in solchen Fällen die Faser mit der Leinenfaser zu verwechseln.

Leinen (Tafel XII).

Die Bastzellen der Flachspflanze (Linum usitatissimum), 4—70 mm lang[1]), sind etwa halb so dick wie die Haare der Baumwolle, 0,01—0,03 mm, sehr regelmäßig gebaut und spitz auslaufend.

[1]) Diese Werte weichen sehr wesentlich von denen ab, die man sonst vielfach in Lehrbüchern angegeben findet; sie sind das Ergebnis von rund 20000 Messungen, die gelegentlich einer umfangreichen Arbeit über Flachs (Flachsuntersuchungen vom Verfasser. Mitt. 1902 S. 312) ausgeführt worden sind. Nachstehend eine Gegenüberstellung der an verschiedenen Stellen für Länge und Breite von Flachsfasern ermittelten Werte.

Beobachter	Länge in mm			Breite in μ ($^1/_{1000}$ mm)		
	Kleinste Werte	Häufigste Werte	Größte Werte	Kleinste Werte	Häufigste Werte	Größte Werte
Wiesner (Rohstoffe des Pflanzenreiches, 1901).	20	nicht angegeben	40	12	15—17	26
Vétillard (Etudes sur les fibres végétales textiles, 1876).	4	25—30	66	15	20—25	37
Herzberg (Mitt. 1902).	4	5—15	70—75*)	15—18	19—28	33—36

*) Ganz vereinzelt kamen Einzelfasern von mehr als 100 bis 120 mm Länge vor.

Im Papier allerdings wird man die natürlichen Enden der Fasern sehr selten beobachten, da diese durch den Fabrikationsprozeß meist stark beschädigt werden (Fig. 67).



Fig. 67.

Charakteristisch für die Leinenfasern sind die sich oft in sehr kurzen Entfernungen wiederholenden Verschiebungen der Wand, welche bei der Verarbeitung der Faser Anlaß zu Knotenbildungen geben. Bei sehr starker Verdickung werden diese Knoten durch den Fabrikationsprozeß häufig breitgepreßt, eine Erscheinung, die in manchen Fällen bis zum vollständigen Bruch der Fasern an der verdickten Stelle führen kann.



Fig. 68.

Neben diesen Knoten ist der enge Hohlkanal der Zelle für deren Erkennung von Wichtigkeit. Da die Wände sehr stark sind, so ist das Lumen meist nur als dunkle Linie zu beobachten. Dabei sind Zellen, bei denen man diesen Hohlkanal von Anfang bis zu Ende verfolgen kann, nicht sehr häufig. Bei vielen, namentlich den schwächeren Fasern, sieht man mit der früher angegebenen Vergrößerung das Lumen überhaupt nicht; bei anderen erscheint es auf einer kurzen Strecke, wird dann so eng, daß es dem Beobachter entschwindet, und kommt eine kurze Strecke weiter mit großer Deutlichkeit wieder zum Vorschein.

Zugleich ist die Wand der Zelle von zahlreichen Poren durchsetzt, die von dem Innern aus nach dem Rande zu verlaufen und als dunkle Linien erscheinen (Fig. 68).

Die Enden der Fasern sind oft sehr fein und lang ausgefasert (Fig. 2 Tafel XVI), eine Eigentümlichkeit, die aber nicht nur, wie oft angegeben wird, dem Flachs allein eigen ist, sondern auch bei Baumwolle vorkommen kann.

Zur Unterscheidung von Leinen und Baumwolle empfiehlt Wiesner[1]) die Behandlung der Fasern mit einer Mischung von verdünnter Chromsäure und Schwefelsäure. Nach kurzer Einwirkungsdauer führt leichter Druck auf das Deckglas zu einem Zerfall

[1]) Wiesner, Die mikroskopische Untersuchung des Papiers. Wien 1887.

der Fasern. Leinen zerfällt in kurze, quer abgetrennte Teile („wie wenn man einen Baumstamm durch die Säge in Klötze zerlegt hätte“), Baumwolle in zahllose kleine Splitter.

Hanf.

Der anatomische Bau der Hanffaser ist der des Flachses ungemein ähnlich, und nur in rohem Zustande oder in groben Garnen kann man die beiden Fasern, namentlich durch die Quellungserscheinungen in Kupferoxydammoniak und die Bruchstücke der Oberhaut, mit Sicherheit voneinander unterscheiden. Im Papier ist die Unterscheidung nicht mehr möglich; die Quellungserscheinungen lassen im Stich, und Oberhautstücke sind im Papier nicht mehr vorhanden.

Es treten bei Hanf dieselben knotenartigen Auftreibungen auf wie bei Flachs, dieselben zerquetschten Knoten und dieselben ausgefaserten Enden.

Es bleibt daher, wenn man bei einem Papier von Leinenfasern spricht, die Frage offen, ob es sich nur um Leinen oder um Hanf oder um ein Gemenge beider handelt. Praktisch ist diese Lücke ohne Bedeutung, da die beiden Fasern an sich als gleichwertig für die Beurteilung des Papiers anzusehen sind.

Bei der Verarbeitung grober Leinen- und Hanflumpen gelangen Schäven in das Papier, die durch das Kochen und Bleichen aufgeschlossen sind und sich in Chlorzinkjodlösung oft rein blau färben. Hierin liegt für den weniger Geübten die Gefahr, sie mit Strohzellstoffasern zu verwechseln, wenn er es unterläßt, nach den gezähnten Epidermiszellen zu suchen. Bei den aus Spinnabfällen hergestellten Halbstoffen erreicht der Gehalt an aufgeschlossenen Schäven oft eine beträchtliche Höhe (25 % und mehr).

Der Papiermikroskopiker tut gut, sich solchen Stoff selbst herzustellen und seiner Sammlung von Vergleichsstoffen einzureihen.

Die Möglichkeiten, die Schäven mit anderen Fasern zu verwechseln, hat Selleger in dem Papierfabrikanten 1905 S. 265 eingehend besprochen.

Die Zerstörungserscheinungen der Lumpenfasern und ihre Färbung in Chlorzinkjod geben zuweilen Fingerzeige für die Beantwortung der Frage, ob alte oder neue Lumpen verarbeitet worden sind.

Alte und neue Lumpen werden beim Mahlen im Holländer verschieden angegriffen und zeigen daher voneinander abweichende Zerfaserungszustände. Alte, mechanisch und chemisch stark geschwächte Fasern brechen leicht ab und lassen sich auch bei vor-

sichtigster Mahlung nur schwer der Länge nach spalten; neue Lumpen spalten dagegen, normale Behandlung vorausgesetzt, leicht der Länge nach und geben ohne Schwierigkeit einen schmierigen Stoff.

Im Mikroskop betrachtet, erscheinen bei den aus alten Lumpen herrührenden Fasern einige charakteristische Merkmale (Knoten bei den Leinenfasern, Streifung der Baumwollfasern), deutlicher als bei neuen Fasern; ferner sind die Enden in der Regel quer abgerissen und wenig ausgefasert. Fasern, von kräftigen Lumpen und neuen Abfällen herrührend sind dagegen oft der Länge nach aufgeteilt und stark ausgefasert; die erwähnten charakteristischen Merkmale treten nur schwach auf, so daß die Unterscheidung der Fasern oft Schwierigkeiten bietet. Auch in bezug auf die Färbung mit Chlorzinkjodlösung zeigen sich oft Unterschiede. Fasern von alten Lumpen sind meist etwas stärker rot gefärbt als die von neuen; neue Leinenfasern sind sogar oft nur schwach bläulich gefärbt.

Da es zwischen neuen Flicken bis zu ganz alten Lumpen natürlich alle möglichen Übergänge gibt und das Aussehen der Fasern nicht allein von dem ursprünglichen Zustande der Lumpen, sondern auch vom Kochen und Mahlen abhängt, so muß man mit seinen Schlußfolgerungen auf Grund der Zerstörungserscheinungen und der Färbung der Fasern natürlich sehr vorsichtig sein.

Wolle (Tafel XIII).

Wollene Lumpen oder Abfälle werden in der Papierfabrikation nur zur Herstellung einiger Sondererzeugnisse, wie Kalanderwalzenpapier, Schrenzpapier, geringere Sorten Löschpapier, Dachpappe u. a., verarbeitet. Auch zum Melieren finden geringe Mengen gefärbter Wollfasern Anwendung.

Die Gegenwart von Wolle in einem Papier verrät sich meist schon durch das Äußere, insbesondere durch die rauhe Oberfläche. Solche Papiere dürfen, wie schon S. 87 erwähnt, nicht mit Natronlauge aufgekocht werden, weil diese die Wolle löst; man kocht in solchen Fällen nur mit Wasser.

Das Erkennen der Wolle unter dem Mikroskop bietet keine Schwierigkeiten; sie weicht in ihrem Bau so sehr von den bisher besprochenen Fasern ab, daß Verwechslungen ausgeschlossen sind. Besonders ins Auge fällt die schuppenförmige Zeichnung der Fasern, hervorgerufen durch die nebeneinander oder dachziegelförmig übereinanderliegenden Hornschuppen; allerdings werden diese Schuppen bei der Bearbeitung der Lumpen mehr oder weniger entfernt, sie können streckenweise sogar ganz fehlen.

In der Jod-Jodkaliumlösung erscheint die Wolle leuchtend gelbbraun, wenn sie ungefärbt in das Papier gelangt ist. War sie ursprünglich gefärbt, so zeigt sich diese Farbe auch im mikroskopischen Bilde.

Sind, wie meist bei den angeführten Sondererzeugnissen, größere Mengen Wolle vorhanden, so kann man deren Menge annähernd durch Kochen mit etwa 5 prozentiger Natronlauge bestimmen. Die Wolle geht hierbei in Lösung. Zu berücksichtigen sind hierbei etwa vorhandene Extraktivstoffe sowie etwaige Verluste an Füllstoffen beim Auskochen.

Seltener vorkommende Fasern.

Außer den vorgeschilderten Fasern, die in der Papierfabrikation vorzugsweise zur Verwendung gelangen, sei noch kurz auf einige seltener vorkommende ausländische Faserstoffe hingewiesen. Teils finden Papiere aus solchen bei uns Verwendung (z. B. japanische Papiere), teils gelangen derartige Fasern bei Verarbeitung von altem Papier, Abfällen usw. in unsere Papiere. In erster Linie sind hier die Fasern japanischen Ursprungs zu erwähnen.

Als wichtigstes Rohmaterial zur Herstellung von Papieren dient den Japanern der Bast der drei Pflanzen

Wickstroemia canescens (Gampi),
Edgeworthia papyrifera (Mitsu-mata oder Dsuiko),
Broussonetia papyrifera (Kodsu).

Wenn man daher von Fasern japanischen Ursprungs spricht, sind in den meisten Fällen diese drei Arten gemeint, welche in China und Japan in bedeutender Menge gebaut werden und in ihrem Bast feine, geschmeidige Fasern von großer Länge und Festigkeit besitzen.

Im mikroskopischen Bilde zeigen die Fasern teils Ähnlichkeit mit Strohbastfasern und Leinen, teils mit Baumwolle. In Jod-Jodkaliumlösung färben sie sich schwach gelblich bis braun, in Chlorzinkjodlösung blau und bläulich-rot.

Eine eingehende Schilderung dieser Fasern unter Beigabe von Abbildungen ist in den „Mitteilungen aus den technischen Versuchsanstalten“ 1888 Sonderheft IV veröffentlicht.

Hier näher darauf einzugehen, erscheint im Hinblick auf das verhältnismäßig seltene Vorkommen der Fasern und auf den Zweck des vorliegenden Werkes nicht am Platze.

Als weitere seltenere Rohstoffe wären zu erwähnen Ramié, Bambusrohr, verschiedene Schilfrohrsorten,[1]) mannigfache Gräser,

[1]) Vgl. Ein neuer Rohstoff für die Papierindustrie (Arundo Donax, Italienisches Pfahlrohr). Mitt. a. d. Königl. techn. Vers.-Anst. 1895 S. 24.

Zuckerrohrrückstände, Torf u. a. m., deren mikroskopische Merkmale als Papierfaser zum Teil noch wenig erforscht sind.[1])

Es ist gewiß der berechtigte Wunsch eines jeden Mikroskopikers, bei der Untersuchung gute Proben reinen Materials zur Hand zu haben, um diese zum Vergleich benutzen zu können. Namentlich für denjenigen sind solche Vergleichsproben von Wert, der nicht dauernd mit dem Mikroskop arbeitet, dem infolgedessen einmal gewonnene Bilder leicht wieder aus dem Gedächtnis entschwinden, und der so geradezu gezwungen ist, aus dem Vergleich mit bekannten Objekten seine Schlüsse zu ziehen.

Leider sind bis jetzt für die mikroskopische Papierprüfung derartige Präparate, die für eine Vergleichung wirklich wertvoll wären, nicht geschaffen worden, und es ist fraglich, ob sie überhaupt in zufriedenstellender Weise geschaffen werden können. Die Gelatine oder andere ähnliche Einbettmassen, welche zum Präparieren der Fasern dienen, nehmen den durch die Jodlösung gefärbten Fasern diese Färbung und damit dem Beobachter einen Anhalt für ihre Unterscheidung, so daß es ratsam sein dürfte, solche Präparate, die leicht zu Irrtümern Anlaß geben können, zu vermeiden. Dauerpräparate dieser Art, die für die Papierprüfung mit Unrecht warm empfohlen werden, haben außerdem noch oft den Nachteil, daß die Fasern nicht aus Papier, sondern aus dem unverarbeiteten Rohmaterial entnommen sind. Daß aber die Fasern vor der Einwirkung der mechanischen Zerstörungsprozesse ein anderes Bild abgeben als nachher, braucht nach dem Vorgesagten wohl nicht erst besonders erwähnt zu werden.

Um nun die Lücke einigermaßen auszufüllen, verfahre man in folgender Weise. Man koche eine geringe Menge verbürgt reinen Leinen-, Baumwoll- usw. Papiers in der oben näher angegebenen Weise mit Natronlauge zu Brei. Diesen bringe man in eine gut verschließbare Flasche und übergieße ihn mit Alkohol; er ist dann gegen Fäulnis geschützt und unbegrenzt haltbar. Eine Sammlung derartig vorbereiteter Papierfasern ist ein für den weniger Geübten nicht zu entbehrendes Hilfsmittel für die Untersuchung, und selbst der mit dem Bau der Fasern hinlänglich Vertraute wird in schwierigen Fällen gern seine Zuflucht zu ihnen nehmen. Sie sollten daher auch stets den für Papierprüfung zusammengestellten Mikroskopen beigegeben werden.[2])

[1]) Vgl. auch Selleger, Beurteilung wenig bekannter Faserarten. Wochenblatt für Papierfabrikation 1906 Nr. 36.

[2]) Die Firma Schopper-Leipzig bringt derartige Proben in Breiform in den Handel. Die Proben sind im Materialprüfungsamt geprüft und die Flaschen mit dem Siegel des Amtes verschlossen.

Allerdings ist nicht zu verkennen, daß es sehr große Schwierigkeiten macht, Papiere zu erhalten, die wirklich nur aus einem einzigen Rohstoff bestehen; meist finden sich auch bei der sorgfältigsten Auswahl der Rohstoffe und der saubersten Verarbeitung geringe Beimengungen anderer Stoffe, die den Beobachter leicht irreführen können. Besonders aber hüte man sich, aus der handelsüblichen Bezeichnung eines Papiers einen Schluß auf die zur Herstellung verwendeten Fasern zu ziehen und etwa zu glauben, daß Hanfpapier aus Hanf, Leinenpost aus Leinen, Manilapapier aus Manilahanf usw. bestehen müsse. Derartige Bezeichnungen stehen zu dem Papierrohstoff oft in gar keiner Beziehung und verdanken lediglich dem geschäftlichen Verkehr ihre Entstehung.

Wenn man von den durch die Jodlösungen hervorgebrachten Färbungen, die, wie schon erwähnt, nicht dauernd festzuhalten sind, absehen und sich mit einer Färbung begnügen will, so kann man sich Dauerpräparate wie folgt herstellen.

Verholzte Fasern werden mit Fuchsin, Methylviolett oder Malachitgrün in der S. 108—109 angegebenen Weise gefärbt, unverholzte mit Kongorot. Die gefärbten Fasern werden dann in Kanadalbalsam eingebettet.

Glyzeringelatine (7 g Gelatine läßt man in 42 ccm Wasser quellen, erwärmt dann unter Zusatz von 38 ccm Glyzerin, bis Lösung eingetreten ist, fügt 1 g Karbolsäure hinzu und filtriert warm durch Glaswolle) eignet sich weniger als Einbettmasse, weil die Farben in ihr leicht verblassen.

Verschiedene Mahlungszustände von Papierfasern.

Es ist bekannt, daß eine Reihe von Fasern, unter den Lumpen besonders die Leinenfasern, je länger sie im Holländer gemahlen werden, um so mehr in feine Fibrillen zerfallen, so daß es unter Umständen nicht mehr möglich ist, mit Sicherheit festzustellen, welchen Rohstoffen die feinsten Teilchen entstammen. Diese weitgehende Mahlung wird vorzugsweise bei festen Schreibpapieren, bei Zigarettenpapieren usw. ausgeübt. Man bezeichnet den so erhaltenen Stoff als „schmierig“. Bei anderen Arten von Papier, z. B. bei Löschpapieren, will man schmierigen Stoff soviel wie möglich vermeiden, und man mahlt daher so, daß die Fasern möglichst nur verkürzt, nicht aber in Fibrillen zerlegt werden, d. h. mit scharfen Messern und bei dünn eingetragenem Stoff; den so erhaltenen Stoff bezeichnet man als „rösch“.

Diese verschiedenen Mahlungsarten geben naturgemäß den Fasern im mikroskopischen Bilde ein ganz verschiedenartiges Aus-

sehen.[1]) Einige Beispiele hierfür sind in Tafel XVI wiedergegeben, nämlich:

1 Zigarettenpapier,
1 holländisches Banknotenpapier,
2 Photographiepapiere,
3 Normalpapiere der Verwendungsklasse 1,
1 Dokumentenpapier aus ungebleichten Lumpen,
1 Löschpapier,
1 Packpapier.

Die Aufnahmen erfolgten bei 25facher Vergrößerung.

Wenn man den Zustand der Fasern von dem Papier Nr. 1 bis zu dem Nr. 10 verfolgt, so wird man die großen Unterschiede, welche sich darbieten, nicht verkennen können. Beim Papier Nr. 1 sind die Fasern derartig vermahlen, daß man kaum noch einzelne gut erhaltene Faserbruchstücke auffinden kann. Von Papier Nr. 2 gilt fast dasselbe, jedoch finden sich hier schon mehrere noch bis zu einem gewissen Grade erhaltene Fasern. Verfolgt man die Papiere weiter, so wird man im großen und ganzen eine Abnahme feinster Fibrillen und eine Zunahme besser erhaltener Fasern beobachten können bis zu dem Papier Nr. 9 und Nr. 10, welche nur noch in äußerst geringem Grade Zerstörungserscheinungen zeigen. Den Zustand der Fasern in jedem einzelnen Fall zu beschreiben, ist außerordentlich schwer; das Bild wirkt in diesem Falle besser und ist genügend aufklärend. Wenn daher von dem Untersuchenden verlangt wird, er soll den Mahlungszustand der im Papier enthaltenen Fasern angeben, so dürfte sein Urteil erheblich an Wert gewinnen, wenn der Erklärung eine mikrophotographische Aufnahme der Fasern beigegeben wird.

Vielleicht könnte man auch durch zahlreiche Aufnahmen Gruppen von Mahlungszuständen schaffen, gewissermaßen Normalzustände, welche in geeigneter Weise den Interessenten zugänglich zu machen wären. Man könnte dann bei der Untersuchung von Papier auf Faserzustand auf diese Normalien hinweisen und brauchte so nicht jedesmal dem Untersuchungsbefund eine photographische Abbildung beizufügen. Aus den hier vorliegenden Beispielen könnte man vielleicht folgende Zusammenstellung machen.

---

[1]) Selleger (Die mikroskopische Prüfung des Papiers in bezug auf die Mahlung der Faserstoffe, Papierfabrikant 1905 Nr. 43 und 44) empfiehlt, das Papier bei Untersuchungen auf Mahlungszustand nicht durch Kochen vorzubereiten, sondern es mit Wasser zu benetzen und das erforderliche Fasermaterial vorsichtig abzuheben.

Gruppe I. Nr. 1—3;
„ II. „ 4, 5 und 6;
„ III. „ 7 und 8;
„ IV. „ 9 und 10.

Kommt nun ein Papier auf den Zustand der Faser zur Untersuchung, so könnte man einfach auf Grund des mikroskopischen Bildes unter Hinweis auf die geschaffenen Normalgruppen erklären, daß das Papier sich dem Mahlungszustand beispielsweise der Gruppe II nähert. Solche Angaben würden für den Fabrikanten in vielen Fällen von Wert sein.

Mit acht der abgebildeten zehn Papiere sind Festigkeitsversuche ausgeführt worden, und es wird interessant sein, die hierbei ermittelten Werte kennen zu lernen.

Papier Nr.	Art des Papiers	Stoffzusammensetzung	Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %	Widerstand gegen Zerknittern
2	Holländisches Banknotenpapier	Wegen starker Zermahlung nicht mit Sicherheit zu ermitteln; wahrscheinlich Leinen	7275	11,1	außerordentlich groß
3	Normal 1[1]	Leinen, Zusatz Baumwolle; ein Teil der Fasern stark zermahlen	6215	4,7	sehr groß
4	Dokumentenpapier aus ungebleichten Lumpen	Leinen, geringe Mengen Baumwolle	8425	5,6	außerordentlich groß
5	Normal 1[1]	Leinen, Baumwolle	6050	4,2	sehr groß
6	Normal 1[1]	Baumwolle, geringe Mengen Leinen	6825	7,2	außerordentlich groß
7	Photographiepapier	Leinen, sehr geringe Mengen Baumwolle	2600	3,8	gering
8	Photographiepapier	Leinen, sehr geringe Mengen Baumwolle	4350	4,5	gering
10	Packpapier	Manilahanf	6750	4,5	außerordentlich groß

[1]) Die drei Normalpapiere 1 rühren aus drei verschiedenen Fabriken her.

Feststellung der Mengenverhältnisse der Fasern.

Man ist hierbei, abgesehen von den verholzten Fasern, zur Zeit ausschließlich auf das mikroskopische Bild angewiesen; irgend welche analytische Verfahren zur Trennung der Fasern sind nicht bekannt. Deshalb sind die Angaben über die prozentische Faserzusammensetzung eines Papiers immer nur als annähernd zutreffend anzusehen. Die Ermittelung kann aber doch so weit sicher gestaltet werden, daß sie einen praktischen Wert erhält.

Ein Bruchteil der Fasern ist bei den meisten Papieren infolge mechanischer Einwirkungen während des Fabrikationsprozesses und infolge von Ähnlichkeiten im anatomischen Bau überhaupt unbestimmbar, wenigstens soweit es sich um Lumpen handelt. Diese werden auf dem Wege durch die Papierfabrik von den Messern der Holländer, den Walzen usw. oft bis zur Unkenntlichkeit entstellt. Der Bruchteil der auf diese Weise unkenntlich gemachten Fasern hängt ab von der Art der Bearbeitung des Rohmaterials; er wird größer sein bei Papieren, welche sehr lange gemahlen sind, und geringer bei Papieren, bei denen dies nicht der Fall ist.

Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse bei den Zellstoffen. Die Art ihrer Herstellung bringt es mit sich, daß bei ihnen die einzelnen Zellen weniger verändert werden als bei den Lumpen, und da sie auch bei der Verarbeitung zu Papier meist nur einer kurzen mechanischen Behandlung unterliegen, so finden sie sich im allgemeinen weniger verletzt im Papier vor. Da sie außerdem selten Neigung zeigen, sich wie die Lumpen, insbesondere die Leinenfasern, der Länge nach in dünne Lamellen zu spalten, sondern bei einer etwaigen Zertrümmerung meist in Querstücke zerfallen, so kann man auch den Ursprung der Bruchstücke besser feststellen als bei den Lumpen.

Die Verhältnisse für die Mengenbestimmung von Fasern im Papier an der Hand des mikroskopischen Bildes liegen also bei Lumpenfasern ungünstiger als bei den Zellstoffen. Es ist erheblich schwerer, bei einem Lumpenpapier den annähernden Gehalt an Leinen- und Baumwollfasern festzustellen, als bei einem anderen Papier zu entscheiden, wie viel Lumpen und Zellstoffasern es enthält.

Die Verwertung des mikroskopischen Bildes zur Ermittelung der ungefähren Mengenverhältnisse der einzelnen Fasersorten kann auf zweierlei Weise geschehen; entweder zählt man die Fasern jeder Gattung unter Beobachtung gewisser noch zu besprechender Punkte zusammen und vergleicht die so gewonnenen Zahlen oder man vergleicht das Präparat mit anderen von bekannter Stoffmischung lediglich nach dem Augenschein.

Mit dem Auszählen eines einzigen Bildes ist natürlich nichts getan; es ist nötig, daß eine große Anzahl von Gesichtsfeldern abgesucht wird, da man nur dann ein annähernd richtiges Durchschnittsergebnis erwarten darf. Wenn auch die Stoffmischung infolge der Vorbereitung als sehr vollkommen angesehen werden kann, so kommt es doch vielfach vor, daß beispielsweise bei einem aus gleichen Teilen Leinen- und Zellstoff bestehenden Papier in einem Bilde vorwiegend Leinen-, in einem anderen vorwiegend Zellstoffasern gefunden werden. Diese Schwankungen werden nur bei Benutzung einer großen Anzahl von Bildern wieder ausgeglichen.

Beim Auszählen der Gesichtsfelder ist es zweckmäßig, den Halbmesser bzw. Durchmesser des Gesichtsfeldes als Längeneinheit zugrunde zu legen, denn einer solchen bedarf es bei der großen Verschiedenheit in den Längen der einzelnen Faserstücke. Die in einem Bilde vorhandenen Bruchstücke von Fasern, welche kürzer als die gewählte Einheit sind, müssen als Bruchteile derselben geschätzt und dann verrechnet werden.

Die durch das Auszählen gewonnenen Zahlen — nehmen wir an, es seien Durchschnittswerte aus 50 Zählungen — können zur prozentualen Berechnung der Fasern ohne weiteres nur dann verwendet werden, wenn die Annahme gerechtfertigt ist, daß gleiche Faserlängen der in Betracht kommenden Stoffe auch gleich schwer sind. Wenn diese Voraussetzung beispielsweise bei Leinen und Baumwolle zuträfe, so bestände ein aus diesen Stoffen gefertigtes Papier, wenn in dem Gesichtsfelde im Durchschnitt gefunden worden sind

Leinenfasern 7,
Baumwollfasern 5,

ohne Berücksichtigung der unbestimmbaren Fasern und der Füllstoffe ungefähr aus

58 % Leinenfasern und
42 % Baumwollfasern.

Daß die gemachte Voraussetzung aber nicht für alle Fasern zutrifft, zeigt sich an dem anatomischen Bau der Fasern. Ein Beispiel soll dies noch näher erläutern.

Ein Ganzstoff wurde aus genau 50 % leinenen Fasern und 50 % Holzzellstoff erzeugt, und es wurden in 100 verschiedenen Gesichtsfeldern die einzelnen Fasern gezählt; im Mittel wurden gefunden 43,7 % Längen Leinenfasern und 56,3 % Längen Holzzellstoff.

Um auf die wahren Verhältnisse zu kommen, müßte man daher die gefundenen Werte noch mit Koeffizienten multiplizieren, deren Größe für die einzelnen Faserarten durch Auszählen einer großen Reihe von Stoffmischungen zwar bestimmt werden könnte,

die aber immerhin von geringem praktischen Wert bleiben würden, weil das Verfahren allzu umständlich werden würde und trotzdem noch erhebliche Unsicherheiten bestehen blieben. Insbesondere ist für das Auszählen der Präparate ein außerordentlich großer Zeitaufwand erforderlich.

Bei einem Gehalt des Papiers an Strohzellstoff kommt ferner hinzu, daß es noch schwerer als im angeführten Beispiel wenn nicht gar unmöglich ist, die mannigfachen, so verschieden gestalteten Fasern des Strohes (Oberhautzellen, Parenchymzellen, Gefäße, Sklerenchymzellen usw.) auf eine Längeneinheit zu bringen.

Diese Erwägungen lassen es zweckmäßig erscheinen, auf eine Auszählung der Fasern[1]) des Bildes zu verzichten und den Versuch der Mengenbestimmung der einzelnen Fasersorten auf dem zweiten der oben angegebenen Wege, nämlich dem der Schätzung zu unternehmen.

Man muß sich hierbei zunächst klar darüber sein, worauf man die zu machenden prozentischen Angaben beziehen will, ob auf das Papier als solches, d. h. unter Berücksichtigung der etwa vorhandenen Füllstoffe, oder nur auf das vorhandene Fasermaterial. Die nachfolgenden Angaben beziehen sich nur auf den letzteren Fall.

Um dem Auge in der Abschätzung des mikroskopischen Bildes Übung zu verschaffen, ist es erforderlich, zunächst mit Stoffen bekannter Zusammensetzung zu arbeiten; da man auch später Vergleichsmischungen stets zur Hand haben muß, um in Zweifelsfällen einen sicheren Anhalt zu haben, so ist es zweckmäßig, diese Mischungen ein für allemal anzufertigen und dauernd aufzubewahren; es handelt sich hierbei nicht um fertige Dauerpräparate gewöhnlicher Art, sondern um Stoffmischungen, welche, wie schon S. 117 erwähnt, in Flaschen unter Alkohol aufbewahrt und von welchen in jedem einzelnen Bedarfsfalle frische Präparate angefertigt werden.

Man schätzt zunächst bei schwacher Vergrößerung die Gruppen ab und dann bei stärkerer die einzelnen Faserarten.

Dadurch, daß infolge der Färbung mit den Jodlösungen die Fasern gruppenweise auseinander gehalten werden, wird dem Auge das Schätzen wesentlich erleichtert, und die Erfahrung hat gezeigt, daß bei gehöriger Übung seitens des Untersuchenden die auf diese

[1]) Litschauer hat in dem Zentralblatt f. d. österr.-ung. Papierindustrie 1905 S. 5, 37 und 74 ein umfangreiches Zahlenmaterial über die bei Auszählung des mikroskopischen Bildes gemachten Erfahrungen veröffentlicht. Bei der Auszählung von 150 Gesichtsfeldern von ein und derselben Stoffmischung ergab sich der Beobachtungsfehler zu weniger als 2%.

Weise gefundenen Werte den wirklichen Verhältnissen annähernd entsprechen.

Von großem Wert ist es natürlich, wenn die Schätzungen von mehreren Beobachtern vorgenommen und aus den geschätzten Prozentsätzen die Mittel gebildet werden.

Fabrikationsbücher und Stoffzettel.

Den Ergebnissen der Prüfung auf Stoffzusammensetzung und Aschengehalt werden vom Fabrikanten des Papiers zuweilen die Fabrikationsbücher und Stoffzettel oder eidesstattliche Versicherungen von Beamten als angebliche Beweise dafür entgegengestellt, daß die Prüfungsergebnisse unzutreffend sind.

In den „Mitteilungen“ 1895 S. 232 wurde eine Reihe solcher Fälle veröffentlicht, die sich aber dann als Belege dafür erwiesen, daß die Fabrikationsbücher und der Eid der Beamten und Arbeiter nicht immer einen einwandfreien Beweis für die Stoffzusammensetzung eines Papiers erbringen können. Ein solcher Fall sei hier als Beispiel mitgeteilt.

Eine Papierfabrik hatte neun Anfertigungen einer Druckpapiersorte vorgenommen, für die sämtlich derselbe Stoffzettel ausgegeben war. Das Papier sollte, was Fasermaterial anlangt, aus 65% gebleichtem Zellstoff (45% Holzzellstoff und 20% Strohzellstoff) und 35% Baumwolle hergestellt werden. Der Abnehmer wies eine der Fertigungen mit dem Bemerken zurück, daß sie in ihrer Zusammensetzung nicht der Vorschrift entspreche. Das gab der Fabrik Veranlassung, Muster sämtlicher neun Anfertigungen auf Stoffzusammensetzung untersuchen zu lassen. Das Ergebnis der Prüfung ist nachstehend zusammengestellt:

	Holzzellstoff	Strohzellstoff	Baumwolle	Leinen
Anfertigung 1	= 60%	20%	15%	5%
„ 2	= 75 „	15 „	10 „	— „
„ 3	= 80 „	15 „	5 „	— „
„ 4	= 85 „	15 „	— „	— „
„ 5	= 55 „	20 „	20 „	5 „
„ 6	= 60 „	20 „	20 „	— „
„ 7	= 60 „	15 „	20 „	5 „
„ 8	= 55 „	20 „	20 „	5 „
„ 9	= 60 „	15 „	20 „	5 „
Vorschrift:	45%	20%	35%	—%

Wie die Zusammenstellung zeigt, weichen die Proben zum Teil außerordentlich von der vorgeschriebenen Stoffmischung ab. Daß sogar eine Fertigung unterlaufen konnte, die Lumpen überhaupt

nicht enthält, erscheint unerklärlich. Die Fabrik teilte später hierzu mit: „Wie sich nachträglich herausstellt, sind seitens der Betriebsleitung geradezu unverantwortliche Fehler vorgekommen."

Der Fall gibt somit ein recht sprechendes Beispiel dafür ab, daß der Stoffzettel und die Fabrikationsbücher in letzter Linie lediglich besagen können, daß die Absicht vorlag, das Papier in der vorgeschriebenen Stoffmischung herzustellen. Ob dies wirklich geschehen ist, läßt sich im allgemeinen nur durch Prüfung des fertigen Papiers feststellen.

Noch bedenklicher liegen die Verhältnisse, wenn der Eid der Angestellten die Zusammensetzung eines Papiers bestätigen soll, was im Interesse der Betreffenden nicht oft und dringend genug ausgesprochen werden kann. Kein Papierfabrikant und kein Angestellter der Fabrik ist ohne Untersuchung in der Lage, beispielsweise zu beeiden, daß ein Papier, das aus reinen Lumpen hergestellt werden sollte, auch nur Lumpenfasern enthält, weil es ihm unmöglich ist, die gesamte Fabrikation des Papiers in allen ihren Teilen stetig zu überblicken.

In den meisten Fällen werden sich natürlich die Angaben des Stoffzettels mit der wirklichen Zusammensetzung des Papiers decken und Fälle, wie hier und an anderen Stellen geschildert, zu den Ausnahmen gehören. Aber diese Ausnahmen beweisen, daß den Fabrikationsbüchern der Wert eines unumstößlichen Beweismittels für die Zusammensetzung eines Papiers nicht zuzusprechen ist.

Dieser Beweis kann nur durch die Prüfung des fertigen Materials erbracht werden.

Holzschliff und andere verholzte Fasern.

Bei der Besprechung der mikroskopischen Prüfung wurde darauf hingewiesen, mit Hilfe welcher Merkmale man den Holzschliff durch das Mikroskop nachweisen kann. Einfacher als dort angegeben gestaltet sich der Nachweis, wenn es sich nur darum handelt, das Vorhandensein von verholzten Fasern überhaupt festzustellen. Wir besitzen eine große Anzahl chemischer Verbindungen, die mit denjenigen Bestandteilen des Holzes, die man kurzweg als Holzsubstanz bezeichnet, mehr oder minder starke, leicht und schnell zu erzeugende Färbungen geben.

Da die verholzten Fasern und insbesondere der Holzschliff als Feinde jedes für lange Aufbewahrung bestimmten Papiers betrachtet werden müssen, so ist es von besonderer Wichtigkeit, Mittel zu besitzen, die schnell und leicht Aufschluß über das Vorhandensein dieser Fasern geben.

Von den Reagentien, die zum Nachweis verholzter Fasern empfohlen werden, sollen hier nur einige besprochen werden, mit Hilfe deren der Nachweis am schärfsten gelingt und welche daher auch am häufigsten angewendet werden, nämlich

Schwefelsaures Anilin (Anilinsulfat),
Phloroglucin-Salzsäure und
Dimethyl-paraphenylen-diamin.[1])

Angewendet können diese Lösungen aber nur werden bei ungefärbten oder sehr schwach gefärbten Papieren. Bei stark gefärbten Proben, namentlich bei dunklen Farbtönen, tritt die Färbung des Holzschliffes nicht oder nicht deutlich genug hervor. In solchen Fällen greift man zum Mikroskop, da das Entfärben des Papiers auf chemischem Wege, vorausgesetzt, daß es überhaupt zum Ziele führt, meist mühsamer ist als die mikroskopische Feststellung des Holzschliffes.

---

[1]) In Müllers Abhandlung „Die Bestimmung des Holzschliffes im Papier“ findet sich Seite 10 eine ausführlichere Zusammenstellung von Holzschliffreagentien, die aufzuzählen hier zu weit führen würde.

Die Reaktion mit schwefelsaurem Anilin (Anilinsulfat).

Man löst etwa 5 g schwefelsaures Anilin in 50 g destilliertem Wasser und fügt einen Tropfen Schwefelsäure hinzu; das Salz löst sich bei einigem Umschütteln ziemlich leicht, und man erhält eine klare, farblose Flüssigkeit, welche jedoch nicht lichtbeständig ist, sondern sich ziemlich leicht zersetzt, wobei sie eine violette Färbung annimmt; trotzdem reagiert sie auch während der Zersetzung noch auf Holzschliff. Die Färbung, welche die Lösung von Anilinsulfat auf holzschliffhaltigem Papier hervorbringt, ist eine sehr schön hellgelbe.

Die Phloroglucin-Reaktion.

Diese von Wiesner[1]) entdeckte Reaktion für verholzte Zellen ist wohl die empfindlichste von allen und zugleich die farbenprächtigste. Zur Herstellung der Lösung verfährt man in folgender Weise. Man löst 1 g Phloroglucin in 50 ccm Alkohol und fügt etwa 25 ccm konzentrierte Salzsäure hinzu; es entsteht eine schwach gelb gefärbte Flüssigkeit, welche sich allmählich durch den Einfluß der Luft und des Lichtes zersetzt; man tut daher gut, sich nie größere Mengen herzustellen, da eine frisch bereitete Lösung schneller und schärfer wirkt als eine schon in Zersetzung übergegangene.

Die Färbung, welche diese Lösung auf holzhaltigem Papier hervorbringt, ist sehr schön rot, und aus diesem Grunde ist die Phloroglucinlösung der oben besprochenen vorzuziehen, weil diese beispielsweise bei gelben Papieren keine so deutliche Reaktion veranlaßt als jene.

Man lasse bei der Untersuchung auf verholzte Fasern mittels Phloroglucin nicht außer acht, daß es gewisse Farbstoffe gibt, welche sich, wie das in der Papierfabrikation vielfach verwendete Metanilgelb, unter dem Einfluß freier Säuren ebenfalls rot färben und daher möglicherweise zu der Annahme führen können, man hätte es mit verholzten Fasern zu tun.

Die Art und Weise des Auftretens der Reaktion ist aber anders als beim Holzschliff. Bringt man Phloroglucin auf holzschliffhaltiges Papier, so entsteht ganz allmählich eine an Tiefe zunehmende Rotfärbung, wobei einzelne dickere Fasern besonders hervortreten und durch ihre dunklere Färbung auffallen. Ist indessen kein Holzschliff, sondern nur Metanilgelb vorhanden, so entsteht der Fleck ziemlich plötzlich; das Papier erscheint ganz gleichmäßig gefärbt,

[1]) Dingler, Polytechnisches Journal 1878 S. 397.

und es sind keine einzelnen Fasern durch besonders hervortretende Färbung sichtbar; der Fleck verblaßt in wenigen Minuten und umgibt sich mit einem violetten Hof, während Holzschliffflecken erst nach längerer Zeit und ganz allmählich verblassen und sich hierbei nicht mit einem Hof umgeben. Sollten trotzdem noch Zweifel auftauchen, so befeuchte man das zu untersuchende Papier mit verdünnter Salzsäure allein; entsteht auch jetzt die Rotfärbung, so ist ein Farbstoff vorhanden, entsteht sie nicht, so handelt es sich um verholzte Fasern.

Wursters Reaktion mit Dimethyl-paraphenylen-diamin.[1])

Das Reagens gelangt entweder in Lösung oder in Form von Filtrierpapier, das mit der Lösung getränkt ist, zur Anwendung; der Kürze wegen bezeichnet der Entdecker die Mittel mit Di-Lösung und Di-Papier.

Bei Anwendung der Lösung bringt man diese durch Auftropfen oder mit Hilfe eines Pinsels auf das zu untersuchende Papier. Bei Gegenwart von verholzten Fasern entsteht nach einiger Zeit ein orangeroter Fleck. Dieser Fleck wird mit Wasser befeuchtet und erscheint dann karmoisinrot.

Verwendet man statt der Lösung das Papier, so benetzt man es vor dem Versuch mit einigen Tropfen Wasser, faltet es einmal zusammen und bringt es unter Druck zwischen das zusammengelegte zu prüfende Papier. Ist letzteres unter dem Reagenspapier durchfeuchtet, so wird diese Stelle mit Wasser benetzt, und es entsteht dann ebenfalls eine karmoisinrote Färbung.

Art der verholzten Fasern.

Hat man mit Hilfe einer der geschilderten Reaktionen verholzte Fasern nachgewiesen, so kann die weitere Frage, welcher Art die Fasern sind, ob es sich insbesondere um Holzschliff handelt, nur durch mikroskopische Untersuchung beantwortet werden.

In Frage kommen von anderen verholzten Fasern hauptsächlich nicht völlig aufgeschlossener Zellstoff, ungebleichte Jute und Adansonia, deren Erkennen auf Grund der bei Besprechung der mikroskopischen Untersuchung gemachten Angaben ermöglicht wird.

Über die Unterscheidung von Holzschliff und nicht völlig aufgeschlossenem Holzzellstoff sei noch folgendes bemerkt.

Holzschliff zeigt infolge des Schleifprozesses nur Bruchstücke von Zellen oder Zellgruppen. Besonders ins Auge fallen die Holz-

[1]) Dr. C. Wurster, Die neuen Reagentien auf Holzschliff und verholzte Pflanzenteile. 1900.

zellen mit Tüpfeln und die gitterförmigen Markstrahlzellen. Natürliche Enden sind nicht oder nur selten zu beobachten.

Holzzellstoff zeigt infolge des Aufschließens auf chemischem Wege einzelne Zellen und Bruchstücke solcher; natürliche Enden der Fasern sind in großer Anzahl vorhanden. Die gitterförmigen Markstrahlzellen fehlen in den meisten Fällen.

Hiermit sind genug Anhaltspunkte gegeben, um Holzschliff und nicht völlig aufgeschlossenen Holzzellstoff voneinander zu unterscheiden.

Die Bestimmung der Menge des Holzschliffes.

Bekanntlich fehlt es zurzeit noch an Verfahren, den Holzschliff eines Papiers in wägbarer Form abzuscheiden und so seine genaue quantitative Feststellung zu ermöglichen; ob dies jemals gelingen wird, erscheint zweifelhaft und dürfte auch im allgemeinen nicht von großer Bedeutung sein. Wenn für eine Papiersorte überhaupt Holzschliff zugelassen ist, wird es sicher in den meisten Fällen ohne ernste Bedeutung sein, ob 5 % mehr oder weniger vorhanden sind. Nur in Streitfällen wäre ein genaues Bestimmungsverfahren von Wert.

Die bis jetzt zur Bestimmung der Holzschliffmenge eines Papiers gemachten Vorschläge sind zweierlei Art; einmal soll der Gehalt auf kolorimetrischem Wege (durch Farbvergleich) und im zweiten Falle durch ein analytisches Verfahren ermittelt werden.

Gädicke[1]) stellt sich durch Vermischen von Holzschliff und schwedischem Filtrierpapier in verschiedenen Verhältnissen Papiere von 10, 20, 30, 40, 50 usw. % Holzschliffgehalt her, die er durch schwefelsaures Anilin gelb färbt. Die verschiedenen Farbtöne, welche je einen Holzschliffgehalt darstellen, werden als gelbe Deckfarbe aus geeigneten Farbstoffen gemischt und auf Papier aufgetragen; auf diese Weise entsteht eine Tabelle, aus welcher man die Menge des im Papier enthaltenen Holzschliffes annähernd entnehmen kann, sobald man es mit Anilinsulfat gefärbt hat; vorausgesetzt wird hierbei natürlich, daß stets mit Lösungen von gleicher Konzentration gearbeitet wird.

Dr. Wurster[2]) verwendet das bereits erwähnte Di-Papier. Dieses Di-Papier wird mit 1—2 Tropfen Wasser befeuchtet und in doppelter Lage zwischen das zu prüfende Papier gebracht. Ist letzteres durchfeuchtet, so wird die getroffene Stelle mit viel Wasser

[1]) Sitzungen der Polytechnischen Gesellschaft zu Berlin 1882.

[2]) Papier-Zeitung 1887 Nr. 14 ff. — Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft 1887 Jahrgang XX Heft 5.

benetzt. Enthält das Papier Holzschliff, so tritt Rotfärbung ein, und an dem Grad der Färbung des mit Filtrierpapier abgedrückten, aber noch feuchten Fleckes kann der Gehalt an geschliffenem Holz annäherungsweise bestimmt werden. Dem Di-Papier wird nämlich eine Farbtafel beigegeben, auf welche zehn rote Farbtöne aufgetragen sind, deren jeder einem bestimmten Holzschliffgehalt entspricht. Hat man also das holzschliffhaltige Papier mit Hilfe des Di-Papiers gefärbt, so sucht man auf der Tafel den Farbton aus, welcher der erhaltenen Färbung am meisten entspricht. Die Zahl, welche sich auf der Tafel befindet, gestattet die Bestimmung des Prozentgehaltes an Holzschliff mit Hilfe der Gebrauchsanweisung, welche beigegeben ist.

Gottstein[1]) färbt das zu untersuchende Papier mit einem Holzschliffreagens aus und zählt dann die Anzahl der gefärbten Fasern für eine bestimmte Fläche aus. Zum Vergleich werden Papiere mit bekanntem Holzschliffgehalt herangezogen. Es leuchtet ein, daß dieses Verfahren nur beim Vorhandensein ganz geringer Mengen Holzschliff ausführbar ist.

Die Verfahren von Dr. A. Müller[2]) (Behandlung des Papiers mit Kupferoxydammoniak) und von Godeffroy und Coulon[3]) (Behandlung des Papiers mit Goldchloridlösung) haben sich bei genauer Prüfung durch Prof. Finkener nicht als brauchbar erwiesen.[4])

Prof. Rudolf Benedikt und Max Bamberger[5]) wiesen an der Hand der S. Zeiselschen Methoxylbestimmungsmethode nach, daß dem Lignin (Holzsubstanz) eine ziemlich hohe Methylzahl zukommt; man versteht unter Methylzahl diejenige Methylmenge in Zehntelprozenten, welche sich beim Kochen der Substanz mit Jodwasserstoffsäure in Form von Jodmethyl abspaltet. Die verschie-

[1]) Papier-Zeitung 1885 S. 433.

[2]) Die qualitative und quantitative Bestimmung des Holzschliffes im Papier. Von Dr. A. Müller. Julius Springer, Berlin.

Der Gedanke, Kupferoxydammoniak zur Bestimmung des Holzes im Papier zu verwenden, ist auch von Merz durchgeführt worden; er hat eine Anzahl von Versuchen angestellt (Papier-Zeitung 1886), ist indessen nicht zu befriedigenden Ergebnissen gelangt.

[3]) Über die quantitative Bestimmung des Holzschliffes im Papier. Von Richard Godeffroy und Max Coulon. Mitteilungen des k. k. Technologischen Gewerbemuseums in Wien. Neue Folge. II. Jahrgang 1888 Nr. 1 und 2 S. 18ff., S. 67 und 1889 S. 9ff.

[4]) Mitteil. a. d. Königl. techn. Vers.-Anst. 1892 S. 54.

[5]) Über eine quantitative Reaktion des Lignins. Von Rudolf Benedikt und Max Bamberger. Monatshefte für Chemie 1890 S. 260.

Zur Bestimmung des Holzschliffes im Papier. Von Prof. Rudolf Benedikt und Max Bamberger. Chemiker-Zeitung 1891 Nr. 14 S. 221.

denen Holzarten verhalten sich hierbei verschieden; es wurde im Mittel gefunden für Fichte die Methylzahl 22,6, Tanne 24,5, Aspe 22,6. Da man mit Hilfe des Mikroskopes feststellen kann, welcher Art das in einem Papier vorhandene Holz ist, so kann man dadurch ermitteln, welche Methylzahl man den Bestimmungen zugrunde legen muß.

Bei der Untersuchung auf diejenigen Bestandteile des Holzes, welche Methoxylgruppen enthalten und demgemäß die Abspaltung des Jodmethyls veranlassen, ergab sich, daß hierbei nur jene Teile des Holzes in Frage kommen, die man mit dem Namen Lignin bezeichnet.

Reine Zellulose, gereinigte Baumwolle, Filtrierpapier liefern kein Jodmethyl; die mit Wasser, Alkohol und Äther extrahierten Hölzer liefern nach der Extraktion dieselbe Methylzahl wie vorher.

Die Ausführung der Bestimmung der Methylzahl muß mit großer Sorgfalt geschehen, da ein Fehler von nur einer Einheit in der Methylzahl den Holzschliffgehalt schon um 5% falsch finden läßt. Nicht ausführbar ist die Bestimmung der Methylzahl für Holz in einem Papier, welches Gips und Baryumsulfat enthält, da ein größerer Schwefelgehalt die Methylzahl durch Bildung von Merkaptan herabdrückt.

Im Materialprüfungsamte wird die annähernde Bestimmung der Menge des vorhandenen Holzschliffes, abgesehen von der Schätzung im mikroskopischen Bilde, u. a. auch in folgender Weise ausgeführt. Das Verfahren ist wie das von Gaedicke und Dr. Wurster ein kolorimetrisches, unterscheidet sich jedoch von den beiden genannten dadurch, daß zum Vergleich nicht ein künstlicher Farbton, sondern die Färbung, welche irgend ein Holzschliffreagens mit Holzschliff erzeugt, direkt benutzt wird.

Erforderlich zur Ausführung der Prüfung ist folgendes.

1. Eine Glasplatte von etwa 10×20 cm Fläche.
2. Eine Pinzette.
3. Ein beliebiges Reagens auf Holzschliff (Phloroglucin, schwefelsaures Anilin o. a.).
4. Eine Reihe von Papieren mit bekanntem Holzschliffgehalt;[1]) wenn möglich innerhalb der Grenzen 1—10% um je 1%, innerhalb 10—30% um je 5% und von da ab um je 10% steigend; wenn diese Papiermuster außerdem in verschiedenen Dicken zur Verfügung stehen, so ist dies für die Ausführung der Prüfung sehr vorteilhaft.

[1]) Wenn irgend möglich eine Reihe mit Holzschliff von Nadelholz und eine zweite mit solchem von Laubholz, da ersterer sich stärker färbt als letzterer.

Die Art der Versuchsausführung selbst ist folgende.

Zunächst wird festgestellt, ob das Quadratmetergewicht des zu prüfenden Papiers ungefähr übereinstimmt mit dem der Vergleichsproben; ist dies nicht der Fall, so wird beim Versuch durch Aufeinanderlegen von zwei oder mehreren Blättern der dünneren Sorte der Unterschied möglichst ausgeglichen; durch eine kleine Vorprobe mit Phloroglucinlösung überzeugt man sich zunächst, ob das in Frage kommende Papier viel oder wenig Holzschliff enthält, damit nicht alle Abstufungen zum Vergleich herangezogen werden müssen. Von denjenigen Mustern, die man auf Grund dieser Vorprüfung ausgewählt hat, schneidet man kleine, etwa 3 qcm große Stücke ab, ebenso ein solches von dem zu untersuchenden Papier. Sämtliche Proben bringt man in eine Schale von Glas oder Porzellan, welche eine Phloroglucinlösung von beliebiger Stärke enthält; man verfährt hierbei derart, daß die nächste Probe erst dann in die Flüssigkeit gebracht wird, wenn die vorhergehende bereits von beiden Seiten benetzt worden ist. Auf diese Weise vermeidet man das Zusammenhaften der einzelnen Blätter, welches oft ein allseitiges Benetzen verhindert. Nachdem die Lösung etwa zwei bis drei Minuten (bei schwachen Lösungen fünf Minuten) eingewirkt hat, nimmt man zunächst die Proben von bekanntem Gehalt heraus, läßt die daran haftende Lösung abtropfen und legt die Abschnitte mit wachsendem oder abnehmendem Gehalt an Holzschliff der Reihe nach nebeneinander auf die Glasplatte; die zu untersuchende Probe legt man unter diese Reihe.

Man tut gut, die Proben nun sowohl im auffallenden als auch im durchfallenden Licht zu betrachten, das letztere besonders bei Proben von gleicher Dicke. Man wird sich weit eher als bei den anderen kolorimetrischen Methoden für einen bestimmten Gehalt an Holzschliff entscheiden können.

Von besonderem Wert hat sich dieses Verfahren erwiesen bei Papieren, welche sehr wenig Holzschliff enthalten, beispielsweise weniger als 10%.

Eine Schwierigkeit des Verfahrens liegt zurzeit noch in der Beschaffung der Vergleichspapiere, die im Handel nicht zu haben sind; vielleicht entschließt sich die eine oder die andere Papierfabrik zur Herstellung solcher Muster, wobei die weiter unten aufgeführten Gesichtspunkte zu beachten sein würden.

Dem Amte stehen bei seinen Prüfungen Papiere zur Verfügung, die seitens einiger Papierfabrikanten mit besonderer Vorsicht hergestellt worden sind; sie enthalten 0,5, 1,0, 1,5 usw. bis zu 90% Holzschliff und bilden ein wertvolles Material zur annähernden Bestimmung dieses Faserstoffes im Papier. Eine weitere Reihe von

Papieren ist in dem Amte mit den denkbar einfachsten Mitteln hergestellt worden, und solche dürften in Ermangelung anderer in einer Papierfabrik mit allen Hilfsmitteln erzeugten Proben auch gute Dienste leisten.

Valenta[1]) hat ein kolorimetrisches Verfahren ausgearbeitet, bei dem er anstrebt, die Anzahl der Vergleichspapiere wegen der Schwierigkeit ihrer Beschaffung nach Möglichkeit zu beschränken und sie, wenn möglich, später ganz entbehrlich zu machen. Er bedient sich eines Kolorimeters und einer Teerfarbstofflösung, welche so gestellt ist, daß das von ihr durchgelassene Licht spektroskopisch ebenso wirkt wie Licht, das vom Papier mit bekanntem Holzschliffgehalt (z. B. 100 %) nach der Behandlung mit Phloroglucin o. a. reflektiert wird. Für die Versuchsausführung wird auf die Originalarbeit verwiesen.

Fehlerquellen der kolorimetrischen Verfahren zur Bestimmung des Holzschliffgehaltes.

Alle kolorimetrischen Verfahren zur Bestimmung des Holzschliffgehaltes sind mit Fehlern behaftet. Über diese Fehler läßt sich zahlenmäßig noch nichts aussagen, aber so viel hat die Erfahrung beim Prüfen schon gezeigt, daß sie unter Umständen recht beträchtlich sein können.

Als erste Fehlerquelle kommt die Dicke des Papiers in Betracht. Papiere, aus derselben holzschliffhaltigen Stoffmischung in verschiedenen Dicken hergestellt, zeigen die Farbreaktion um so dunkler, je dicker sie sind. Dieser Einfluß der Dicke kann bei der Verwendung von Vergleichspapieren mit verschiedenem Holzgehalt in der S. 132 angegebenen Weise mehr oder weniger ausgeglichen werden, nicht aber bei der Benutzung von Farbtafeln.

Eine zweite Fehlerquelle bilden die Füllstoffe. Stellt man aus einer Mischung von beispielsweise 50 % Holzschliff und 50 % Zellstoff Papier her, teils ohne Zusatz von Füllstoffen, teils mit solchen, so ergibt das erstere mit Holzschliffreagentien eine dunklere Färbung als das letztere; je mehr Füllstoff vorhanden ist, um so heller erscheint die Färbung. Dies ist erklärlich, da durch Zuteilung der Füllstoffe der Gehalt des Papiers an Holzschliff, bezogen auf die Gesamtmasse des Papiers, abnimmt, die Färbung also schwächer werden muß, während der Holzschliffgehalt, bezogen auf das Fasermaterial allein, wie es allgemein üblich ist, nach wie vor 50 % ausmacht. Ferner bewirken die Füllstoffe an sich eine Aufhellung des Farbtones.

---

[1]) Chemiker-Zeitung 1904 S. 502.

Als dritte Fehlerquelle kommt in Betracht, daß sich nicht alle Holzschliffsorten mit Phloroglucin usw. gleich stark färben. Nadelholzschliff färbt sich infolge seines höheren Gehaltes an Ligninkörpern erheblich stärker als Schliff von Laubhölzern.

Alle diese Umstände machen es notwendig, sich nicht mit der kolorimetrischen Prüfung allein zu begnügen, sondern die Menge des Holzschliffes auch durch Abschätzung des mikroskopischen Bildes im Vergleich mit Mischungen von bekanntem Gehalt an Holzschliff festzustellen.

Bei der Schätzung des Holzschliffes im mikroskopischen Bilde ist natürlich, wie bereits erwähnt und hier nochmals ausdrücklich hervorgehoben sein mag, ebensowenig ein genaues Ergebnis zu erwarten wie bei den kolorimetrischen Verfahren; indessen hat die Erfahrung gezeigt, daß die Schätzungen bei genügender Übung im allgemeinen mit einem Fehler von weniger als 10 % behaftet sind.

Um für die Schätzungen einen festen Anhalt zu haben, ist zunächst die Herstellung bestimmter Stoffmischungen erforderlich; die Mischungen werden nicht in Blättern geschöpft, sondern, wie S. 117 geschildert, als Brei aufbewahrt, da sie nur in dieser Form Verwendung finden.

Man achte hierbei darauf, daß man Holzschliff verschiedener Feinheit zur Verfügung hat, damit man in jedem Falle diejenige Sorte zum Vergleich heranziehen kann, die mit dem Schliff der zu untersuchenden Probe am meisten übereinstimmt.

Auf die Herstellung der Präparate, sowohl des zu untersuchenden Papiers als auch der Mischungen, ist große Sorgfalt zu verwenden. Man nehme für die Präparate, soweit dies der Augenschein gestattet, immer möglichst gleich viel Material, breite dies immer auf eine möglichst gleich große Fläche aus und betrachte das Bild stets mit derselben Vergrößerung. Ein Wechsel in den Objektiven und Okularen erzeugt große Unsicherheit im Urteil. Die Abgabe des Urteils erfolgt nach dem Gesamteindruck, den das Auge erhalten hat.

Holzfreie Papiere.

Über den Umfang des Begriffes „holzfrei“ bei Erzeugnissen der Papierindustrie herrschen in den Fachkreisen verschiedene Ansichten; teils wird „holzfrei“ als gleichbedeutend mit „holzschliffrei“, teils als übereinstimmend mit „frei von verholzten Fasern“ angesehen; im ersten Falle will man also bei „holzfreien Papieren“ nur Holzschliff ausschließen, nicht aber andere verholzte Fasern (z. B. rohe Jute), im anderen Falle aber wird nicht nur der Ausschluß

von Holzschliff, sondern auch der aller anderen verholzten Fasern verlangt.

Beschränkt man sich allein auf die Auslegung des Wortes, so wäre die erste Annahme die richtige; „holzfrei“ heißt zunächst nichts weiter als frei von Holz; andere Rohstoffe als Holz kommen also nicht in Frage. Geht man aber zurück auf die Entstehung des Begriffes und auf die Gründe, die zu einer Trennung der Papiere in holzfreie und holzhaltige führten, so kann wohl kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß die zweite Auslegung sachlich die allein berechtigte ist. Nachdem man die schädliche Wirkung der verholzten Fasern im Papier erkannt hatte, namentlich die geringe Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Einfluß des Lichtes, wurden mittlere Schreib- und Druckpapiere, für deren Herstellung vorzugsweise die Zellstoffe aus Holz und Stroh in Frage kommen, „holzfrei“ verlangt und hergestellt.

Diese Forderung hat nur dann Sinn, wenn sie den Ausschluß aller verholzten Fasern bedeutet, gleichgültig, von welcher Pflanze sie herrühren; denn die schädliche Wirkung des Holzschliffes rührt von der Holzsubstanz, dem Lignin, her, und diese ist in mehr oder minder großer Menge in allen verholzten Fasern vorhanden.

Als „holzfrei“ können also nur diejenigen Papiere gelten, die ohne jeden Zusatz von verholzten Fasern hergestellt worden sind.

Wenn nun auch der Fabrikant holzfreier Papiere lediglich holzfreie Rohstoffe verarbeitet, so ist doch in jeder Fabrik die Möglichkeit gegeben, daß das fertige Papier verholzte Fasern, und zwar in erster Linie Holzsplitter enthält. Während der Verarbeitung kommen die Rohstoffe vielfach mit Holz in Berührung, und hierdurch ist Gelegenheit zu Verunreinigungen mit Holzfasern gegeben.

Ein allgemein anerkannter Handelsbrauch darüber, ob und bis zu welchem Grade als holzfrei gehandelte Papiere verholzte Fasern enthalten dürfen, ohne als holzhaltig angesehen zu werden, besteht zurzeit nicht.

Die Ansichten der Fachkreise hierüber gehen weit auseinander.[1])

Am auffallendsten erscheint die vielfach vertretene Forderung, nach welcher auch nicht einmal ganz vereinzelte Holzfasern in holzfreien Papieren zugelassen werden sollen. Diese Forderung läßt sich mit den bei der Fabrikation von Papier obwaltenden Verhältnissen nicht in Einklang bringen. Die Möglichkeit, daß ver-

[1]) Vgl. Holzfreie Papiere. Vom Verfasser. Mitteil. a. d. Königl. techn. Vers.-Anst. 1900 S. 279.

holzte Fasern bei der Erzeugung holzfreier Papiere in den Stoff gelangen, ist in jeder Fabrik gegeben und läßt sich im gewöhnlichen Betrieb nicht mit Sicherheit ausschließen.

Zunächst bilden die Rohstoffe, welche bei der Herstellung holzfreier Papiere verwendet werden (Lumpen und Zellstoffe), selbst eine Quelle für die Verunreinigung mit verholzten Fasern; bei den Lumpen ist die Gefahr nicht groß, schwieriger liegt die Sache aber bei den Zellstoffen; der Fabrikant beschafft besten Zellstoff, überzeugt sich an Stücken, die verschiedenen Rollen entnommen sind, daß es sich um ein vollständig aufgeschlossenes Erzeugnis handelt, aber er kann nicht die ganze Lieferung prüfen; in der einen oder anderen Rolle können sich Teile nicht völlig entholzten Stoffes vorfinden und so trotz geübter Sorgfalt vereinzelte verholzte Fasern in das Papier gelangen.

Eine weitere Quelle für Holzfasern sind die Rohrleitungen für die Fortbewegung des Stoffes bis zur Papiermaschine. Selbst wenn alles auf das sorgfältigste gewaschen wird, ist eine sichere Gewähr dafür, daß alle Reste der voraufgegangenen Fabrikation entfernt sind, nicht gegeben. Es können Stoffreste zurückbleiben und sich mit dem später durchfließenden Stoff vermengen; waren erstere holzschliffhaltig, so werden in dem fertigen Papier vereinzelte Holzschliffasern nachweisbar sein.

Der Stoff kommt ferner auf seiner Wanderung durch die Fabrik verschiedentlich mit Gerätschaften aus Holz in Berührung, die im Laufe der Zeit abgenutzt werden; die losgelösten Splitter gelangen zum großen Teil in den Stoff und somit in das Papier.

Es ist also, erwägt man nur diese Möglichkeiten, durchaus nichts auffallendes, wenn man selbst in den feinsten Papieren ab und zu ein Holzfäserchen findet. Wenn man nun bedenkt, daß der Ausdruck Spuren Holzschliff schon gerechtfertigt ist, sobald man in dem zu untersuchenden Material auch nur eine einzige Holzfaser findet, so muß doch wohl zugegeben werden, daß das Verlangen, solche Papiere als holzhaltig anzusehen, nicht aufrecht erhalten werden kann, denn sonst gäbe es überhaupt keine holzfreien Papiere.

Aus den Beständen des Amtes wurden 45 Normalpapiere von zehn verschiedenen Fabriken, und zwar der Klassen 1, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a und 4b beliebig herausgegriffen und je ein halber Bogen (33×21 cm) durch salzsaure Phloroglucinlösung gezogen. Keine der 45 Proben war völlig frei von verholzten Fasern. Nach dem Auszählen ergab sich folgendes Bild.

Anzahl der verholzten Fasern (Holzsplitter) in einem Blatt von 33 × 21 cm Größe.

Fabrik	1	2a	2b	3a	3b	4a	4b
1	10	6	20	4	mehr als 100	8	50
2	—	—	—	10	10	20	mehr als 100
3	—	10	—	5	5	10	—
4	—	—	—	20	mehr als 100	mehr als 100	—
5	5	5	7	6	50	8	—
6	—	—	—	—	—	—	10
7	—	6	10	5	10	15	12
8	—	—	—	mehr als 100	15	mehr als 100	50
9	—	—	—	7	5	8	5
10	—	10	25	5	20	10	10

Man geht also in der Annahme wohl nicht fehl, daß ein unter gewöhnlichen Verhältnissen erzeugtes Papier, welches auch nicht einmal Spuren verholzter Fasern enthält, zu den allergrößten Seltenheiten gehört.

Andererseits kann aber auch nicht verlangt werden, daß ein größerer Gehalt an verholzten Fasern (verlangt wird stellenweise bis zu 5%) durch die geschilderten Umstände gedeckt und für zulässig erklärt werden soll.

Das Materialprüfungsamt hat von jeher den Standpunkt eingenommen, daß man ein Papier nicht ohne weiteres als holzhaltig ansprechen soll, wenn man verholzte Fasern in ihm nachweisen kann; der Papierfabrikant verlangt mit Recht, daß man den Fabrikationsumständen Rechnung trägt, und diese sind wie geschildert derart, daß unter den gewöhnlichen Verhältnissen Verunreinigungen durch verholzte Fasern nicht sicher zu vermeiden sind. Die Möglichkeiten solcher Verunreinigungen werden um so mehr in den Hintergrund treten, je besser und wertvoller das erzeugte Papier ist, und man wird um so mehr mit ihnen zu rechnen haben, je geringer die Güte des erzeugten Materials ist. Aus diesem Grunde werden auch die Ansprüche, die man an das Papier stellt, verschieden sein, und man wird z. B. an ein Packpapier 5a und an ein Schreibpapier 3a, die beide holzfrei sein sollen, nicht den gleichen Maßstab legen. Man wird in jedem einzelnen Falle unter Berücksichtigung der Güte des Materials, der Preislage und des Verwendungszweckes seine Entscheidung abgeben müssen.

Von diesem Gesichtspunkte aus dürfte es sich vielleicht empfehlen, bei holzfreien Packpapieren, Aktendeckeln usw. einen Gehalt an verholzten Fasern bis zu 3% zuzulassen; bei Schreib-

und Druckpapieren dürften vielleicht höchstens bis zu 0,5 % zulässig sein.

Diese Spielräume tragen wohl in reichlichem Maße den vorher geschilderten Umständen Rechnung, ohne andererseits die Güte des Papiers herabzudrücken; sind diese Grenzen aber überschritten, dann kann man nicht mehr verlangen, daß der Empfänger die „holzfrei“ bestellte Ware als solche ansieht und abnimmt.

Einen Anhalt zur Abschätzung geringer Mengen Holzschliff gibt Taf. XVII; sie ist die Wiedergabe einer Zeichnung[1]) nach Originalmustern. Papiere mit 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 % und 5 % Holzschliff, etwa 75 g das Quadratmeter schwer, wurden mit salzsaurer Phloroglucinlösung behandelt und dann im auffallenden Licht gezeichnet.

Trockengehalts-Bestimmung.

Zur Bestimmung des absoluten Trockengewichtes bzw. Feuchtigkeitsgehaltes von Zellstoff, Strohstoff, Holzschliff, Halbstoff usw. kann man sich, wenn nur kleine Proben vorliegen, der in Laboratorien üblichen Trockenkästen bedienen. Man bringt das Material in ein Trockenglas (Fig. 36 S. 79), wiegt und stellt das Ganze mit abgenommenem Stöpsel in den Trockenschrank. Man stellt das Glas nicht auf den Boden des Trockenkastens, da hier leicht Überhitzung eintritt, sondern auf eines der eingeschobenen Bleche. Das Thermometer wird so eingesetzt, daß sich die Quecksilberkugel unmittelbar neben dem unteren Teile des Glases befindet. Die Heizung regelt man so, daß das Thermometer dauernd 102—105° C zeigt. Die Trocknung ist beendet, wenn zwei aufeinanderfolgende Wägungen dasselbe Ergebnis liefern.

Vor den Wägungen wird der Deckel des Glases im Trockenkasten auf das Glas gesetzt und letzteres bis zur völligen Abkühlung in einen Exsikkator gestellt; erst dann kommt es auf die Wage.

Für die Trocknung größerer Mengen, wie sie in der Praxis bei der Abnahme von Ladungen vorgenommen werden muß, sind besondere Trockengehaltsprüfer gebaut worden. Die neueren sind meist so eingerichtet, daß dem zu trocknenden Material ununterbrochen große Mengen heißer, trockener Luft zugeführt werden, so daß die Trocknung schnell vor sich geht. Die Heizung erfolgt durch Spiritus, Petroleum, Gas, Dampf oder auf elektrischem Wege, je nach den vorhandenen Einrichtungen.

Das Trockengut wird in Körbe aus Drahtgeflecht gelegt und dann in die Trockenkammer gebracht; die Heizung muß so ge-

---

[1]) Angefertigt von meinem Kollegen Dr. Wisbar.

regelt werden, daß das Thermometer nicht unter 100 sinkt und nicht über 105° C steigt. Das Auswiegen erfolgt im Trockenraum selbst nach dem Anhängen des Korbes an die eine Wagschale.

Fig. 69 zeigt den von der Firma L. Schopper-Leipzig für das Materialprüfungsamt gebauten Trockenprüfer. Er hat zwei

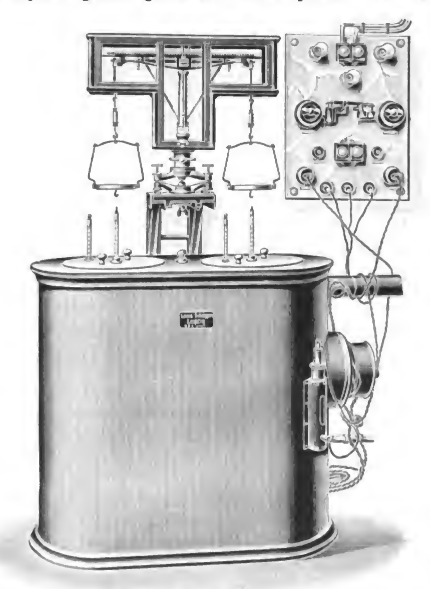


Fig. 69.
Schoppers Trockenapparat für Zellstoff, Holzschliff usw.

Kammern und ist mit einem Ventilator zum Durchdrücken von Luft durch das Trockengut versehen; die eine Kammer wird mit Dampf, die andere elektrisch geheizt. Bei dem Bau ist besonders auf gute Ausnutzung der Wärme und auf geringe Wärmeausstrahlung Rücksicht genommen.[1])

[1]) Für die bei der Entnahme der zu trocknenden Proben zu beachtenden Gesichtspunkte wird auf Winkler, Die Trockengehaltsbestimmung der Papierfaserstoffe, Leipzig 1902, verwiesen.

Flecke im Papier.

Die Ermittelung der Ursache von Flecken im Papier bietet oft erhebliche Schwierigkeiten und setzt große Sachkenntnis des Beobachters voraus. Prof. Dalén hat seine Erfahrungen auf diesem Gebiete in einer umfangreichen Arbeit[1]) niedergelegt und hiermit eine Grundlage für die Untersuchung von Flecken geschaffen. Die nachfolgenden Ausführungen sind dieser Arbeit entnommen.

Auch in dem mit größter Sorgfalt hergestellten Papier treten kleine Flecke auf, die man als unvermeidlich ansehen muß. Praktische Bedeutung hat der Nachweis der Ursache dieser Flecke so lange nicht, als sie entweder unauffällig sind oder so selten vorkommen, daß sie durch Sortieren leicht entfernt werden können.

Zuweilen treten aber Flecke so zahlreich, anhaltend und auffällig auf, daß sie die Verwendbarkeit des Papiers beeinträchtigen, und in solchen Fällen ist der Nachweis der Ursache, die dann in der Regel für die Mehrzahl der Flecke gemeinsam ist, von Bedeutung, weil hierdurch Mittel und Wege für die Abhilfe des Übels gefunden werden können.

Viele Arten dieser massenweise auftretenden Fehler und Flecke sind dem Papiermacher wohlbekannt, so daß er ohne weiteres Abhilfe schaffen kann. Die Ursachen und Möglichkeiten des Entstehens von Flecken sind indessen so zahlreich und das Aussehen von Flecken verschiedener Art oft so gleich, daß es ohne chemische oder mikroskopische Prüfung nicht immer möglich ist, ihren Ursprung festzustellen. Sind die Bestandteile der Flecke ermittelt, so läßt sich oft ein Schluß auf die Entstehungsursache ziehen, in vielen Fällen sind aber genaue Kenntnisse der örtlichen Verhältnisse und der Herstellungsvorgänge nötig, um bestimmen zu können, an welcher Stelle des Betriebes oder in welchem Ausgangsmaterial die Quelle des Übels zu suchen ist.

Nach dem Aussehen kann man die am häufigsten auftretenden Flecke in folgende drei Gruppen einteilen.

a) Flecke, die im auffallenden Licht dunkler, im durchfallenden Licht heller als das umgebende Papier sind.

> Harz- und Fettflecke, Schaumflecke, Sandflecke, Knoten oder Katzen aus zusammengeballten, stark gepreßten Fasern und Faserteilchen, schlecht aufgeschlossene Papierabfälle, Anhäufungen von verkieselten oder verkalkten Zellen, Stärkekleister.

---

[1]) Mitteil. a. d. Königl. Mat.-Prüf.-Amt. 1906 S. 235.

b) Flecke, die sowohl im auffallenden wie im durchfallenden Licht dunkler oder anders gefärbt sind als das umgebende Papier.

Eisenflecke, Bronzeflecke, Blei-, Kohlen-, Farben-, Siegellack- und Kautschukflecke, gefärbte Fasern, Splitter von Holzschliff, Holz- und Strohstoff, Schäwen von Hanf und Flachs, Schalen von Baumwollsamen, Pilz- (Stock-)Flecke.

c) Flecke, die in dem Rohpapier zunächst nicht sichtbar oder wenigstens nicht auffallend sind, aber bei der Weiterverarbeitung (Glätten, Streichen, Pergamentieren, Präparieren für Lichtpaus- und Photographiezwecke) auftreten.

Faserknoten, Chlorkalkreste, schwefligsaurer Kalk, Stärke, Eisen, Harz, Fett, Sand, Klümpchen von Füllstoffen, Holzschliff.

Nachweis der Art der Flecke.

Ein allgemein gültiges Verfahren zum sicheren Nachweis der Bestandteile der Flecke läßt sich nicht angeben, auch wenn man sich auf die oben aufgeführten Fälle beschränkt. Wohl ist es aber möglich, durch planmäßige Ausführung einiger einfacher Proben wichtige Aufschlüsse über die Natur der Flecke zu erhalten, die dann als Richtschnur für die weitere Prüfung dienen können.

Der Gang der Untersuchung muß sich oft nach der Menge des Materials, d. h. in diesem Falle nach der Zahl der zur Verfügung stehenden Flecke richten. Die Aufgabe ist einfacher, wenn so viel Material vorhanden ist, daß für jeden Versuch neue Proben genommen werden können, schwieriger wenn dieselben Proben für mehrere Versuche dienen müssen. In der Papierfabrik wird es nicht an Material fehlen, so daß dort immer der für die Prüfung bequemste Weg eingeschlagen werden kann.

Im nachstehenden ist die Reihenfolge der in Frage kommenden Versuche so gewählt, daß man mit möglichst wenig Material auskommen kann.

Ehe zur Prüfung der einzelnen Flecke übergegangen wird, kennzeichnet man mittels eines kleinen Bleistiftkreises eine genügende Anzahl derjenigen Flecke, die durch ihr gleichartiges Aussehen und ihre Häufigkeit den Anlaß zur Prüfung gegeben haben. Unterläßt man dies, so kann es vorkommen, daß man im Laufe der Prüfung irregeführt wird, weil andere, unschuldigere Flecke auffallender auftreten als die eigentlichen Übeltäter, die zuweilen ganz verschwinden.

Hat man die ganze Bahnbreite oder große Bogen vor sich, so ist auch darauf zu achten, ob die Flecke an bestimmten Stellen — in der Mitte oder in den Seitenbahnen — auftreten, sowie ob sie sich in der Laufrichtung in bestimmten Zwischenräumen wiederholen. Auf Grund solcher Beobachtungen läßt sich der Sitz des Übels oft schneller und sicherer als durch genaue Prüfung der einzelnen Flecke feststellen. Hat man die Flecke gekennzeichnet, so werden sie einzeln so herausgeschnitten, daß sie in die Mitte eines etwa 1 qcm großen Papierstückes zu liegen kommen. Mit diesen Abschnitten werden, wenn nicht das Aussehen des Fleckes anderes Vorgehen ratsam erscheinen läßt, der Reihe nach folgende Versuche ausgeführt.

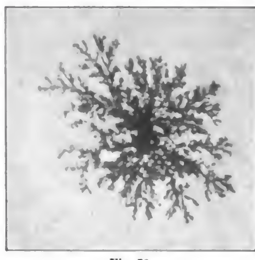


Fig. 70.
Bronzefleck.

1. Die Flecke werden ohne Einbettungsmittel im Mikroskop bei etwa 50facher Vergrößerung betrachtet und ihr Aussehen, ihre Form, Größe, Farbe usw. festgestellt. Bronzeflecke, die durch ihre besonders charakteristische Form auffallen (Fig. 70), Holzsplitter, Schäwen und Farbkörnchen werden hierbei sofort erkannt; Pilze in dieser Weise festzustellen gelingt dagegen selten.

2. Behandlung erst mit Alkohol, dann mit Äther. Fett und Harz enthaltende Flecke können hierbei entweder vollständig verschwinden oder nur ihre Durchsichtigkeit verlieren. Fettflecke ändern sich durch Behandlung mit kaltem Alkohol kaum, verlieren aber leicht ihre Durchsichtigkeit nach der Behandlung mit Äther. Von Holzzellstoff herrührende Harzflecke lösen sich sowohl in Äther wie in heißem Alkohol ziemlich schwer und hinterlassen oft einen schwach gefärbten bröckligen Kern, der aus Gips besteht und in einzelnen Fällen auch etwas schweflige Säure enthalten kann. Die vom Leim herrührenden Flecke sind in der Regel leicht löslich und hinterlassen selten deutliche Mengen anorganischer Bestandteile. Teerfarben machen sich bei der Alkoholbehandlung durch Auslaufen der Farbe bemerkbar.

3. Die nach der Alkohol-Äther-Behandlung noch vorhandenen Flecke werden mit Wasser aufgekocht und einige Zeit im Wasser gelassen. Einige Flecke werden dann auf den Objektträger gelegt und im Mikroskop bei schwacher Vergrößerung betrachtet. Hierbei ist darauf zu achten, ob der Fleck im Papier eine Erhöhung

oder Vertiefung bildet, sowie darauf, ob er in der Mitte der Papierschicht oder auf der Ober- oder Unterseite (Siebseite) des Papiers liegt. Mit der Präpariernadel sucht man den Fleck möglichst unbeschädigt aus dem Papier zu heben und auf einen zweiten Objektträger zu bringen. Hier wird er mit Hilfe der Präpariernadeln verteilt und mit einem Tropfen einer Einbettflüssigkeit (Glyzerin, Wasser, Jodjodkalium- oder Chlorzinklösung usw.) versetzt und nach dem Auflegen des Deckglases mikroskopisch untersucht. Besteht er aus Fasern (Fig. 71 und 72), so ist genau darauf zu achten, ob auf und zwischen diesen Pilzfäden vorhanden sind.

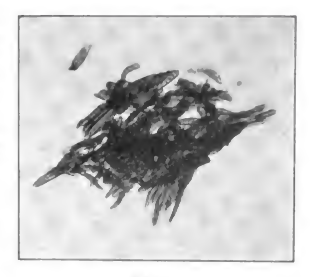
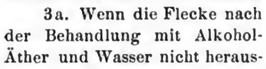


Fig. 71.
Fleck aus verkieselten Strohzellen.

3a. Wenn die Flecke nach der Behandlung mit Alkohol-Äther und Wasser nicht herausgelöst werden können oder so hart und fest sind, daß sie auf dem Objektträger nicht zerteilt werden können, so legt man sie einige Stunden in 5—10prozentige Natronlauge, wäscht mit heißem Wasser aus und sucht sie dann zu isolieren, zu zerteilen und einzubetten.



3b. Gelingt es auch nach der Behandlung mit Natronlauge nicht, die Flecke zu zerteilen, so werden die herausgelösten Splitter kurze Zeit auf dem Objektträger mit Chromsäurelösung behandelt; sie lassen sich dann, wenn es sich um organische Substanzen handelt, leicht in Einzelzellen auflösen. Die Chromsäure wird mit einem porösen Porzellanscherben aufgesaugt und die Fasern in beliebiger Einbettflüssigkeit mikroskopiert.

Fig. 72.
Holzzellstoffaser aus einem Pilzfleck herauspräpariert.

3c. Um in einem Fleck Gips nachzuweisen, erhitzt man den herausgelösten Kern auf dem Objektträger mit einem Tropfen Salz-

säure und sucht nach dem Eintrocknen etwaige Gipskristalle mittels des Mikroskops nachzuweisen.

4. Einige der ursprünglichen, oder weil Fett und Harz die Reaktion verhindern oder verzögern können, besser einige der mit Alkohol-Äther behandelten Flecke werden in eine mit Salzsäure angesäuerte verdünnte Lösung von gelbem und rotem Blutlaugensalz gelegt, nach 5—15 Minuten herausgenommen und gewaschen. Eisenflecke aller Art werden hierbei durch die Blaufärbung angezeigt. Durch Herauspräparieren mit einer magnetischen Stahlnadel läßt sich feststellen, ob es sich um metallisches Eisen, harte Oxydstücke oder leicht zerbröckelndes Pulver handelt.

Bei dem Eisennachweis mit Blutlaugensalz ist zu berücksichtigen, daß auch verholzte Fasern bei längerem Liegen in der Lösung starke Blaufärbung zeigen können, ohne daß sie Eisen in nennenswerter Menge enthalten.

5. Behandlung mit verdünnter Jodlösung (stark verdünnte Jod-Jodkaliumlösung). Zum Nachweis von Stärke in Flecken wird zweckmäßig das mit Alkohol behandelte Papier benützt.

Zum Nachweis von Sulfiten wird das ursprüngliche Papier in mit Stärkelösung versetzte Jodlösung (wenn das zu untersuchende Papier Stärke enthält, so ist der Zusatz von Stärkelösung überflüssig) und dann schnell in verdünnte Säure eingetaucht und herausgezogen. Ist schweflige Säure vorhanden, so entfärbt sich das Papier in und an den Flecken. Da das Entfärben oft nur vorübergehend ist, so muß das Verhalten des Papiers während des Versuches dauernd beobachtet werden. Um schweflige Säure in den vom Holzzellstoff herrührenden Harzflecken nachzuweisen, werden diese nach der Behandlung mit Alkohol ausgelöst und in einen Reagierzylinder gebracht, worin sich eine mit möglichst wenig Jod blaugefärbte angesäuerte Stärkelösung befindet. Die Entfärbung der Jodlösung zeigt schweflige Säure an. Durch blinde Probe überzeugt man sich, daß die Entfärbung nicht durch die Einwirkung der Papierfasern auf die Jodlösung erfolgt.

6. Mit Kaliumjodid versetzte dünne Stärkelösung dient zum Nachweis von freiem Chlor. Da die Chlorkalk enthaltenden Stellen meist nicht sichtbar sind, so bepinselt man große Flächen des Papiers mit der Jodstärkelösung und sieht zu, ob hierbei blaue Flecke auftreten. Durch Zusatz einiger Tropfen verdünnter Schwefelsäure zu der Stärkelösung wird die Empfindlichkeit der Reaktion erheblich gesteigert, aber hierbei ist zu bemerken, daß auch Eisenoxydverbindungen Jod freimachen und die Blaufärbung bewirken können. Wenn freies Chlor (Chlorkalk) vorhanden ist, so tritt die Blaufärbung sofort oder nach wenigen Minuten auf; nach längerem

Liegen färbt sich das Papier infolge der Einwirkung von Luft und Licht auch ohne Anwesenheit von freiem Chlor oft blau.

7. Dr. Wursters Di-Lösung ist ein äußerst empfindliches Reagens auf freies Chlor, aber auch gleichzeitig auf Ozon und Wasserstoffsuperoxyd. Zum Nachweis von freiem Chlor wird das Papier mit kaltem, schwach angesäuertem Wasser ausgezogen und zu dem Auszug ein Tropfen Di-Lösung gesetzt. Bei Anwesenheit von freiem Chlor färbt sich die Flüssigkeit rot.

8. Lösungen von Lackmus, Methylorange, Kongorot und Phenolphtalein (letzteres in Alkohol gelöst und so viel Wasser zugesetzt, daß die Lösung anfängt sich zu trüben) werden nur angewandt, um nachzuweisen, ob die Flecke eine von dem Papier abweichende Reaktion zeigen. Die Lösungen werden mittels eines Wattebausches aufgestrichen. In vielen Fällen ist es besser, mit den Indikatoren getränktes angefeuchtetes Filtrierpapier auf die Flecke zu legen und nach einiger Zeit zu beobachten. Zum Nachweis von Alkali darf schwach angesäuerte Kongorotlösung nur mit großer Vorsicht angewendet werden, weil sie aus blauer Fällung in überschüssiger roter Lösung besteht, die die Papierfasern, mit denen sie in Berührung kommt, so stark rot färbt, daß die blaue Färbung verschwindet und Alkali scheinbar nachgewiesen wird.

9. Silbernitrat dient vorzugsweise dazu, im Rohpapier nicht unmittelbar bemerkbare Fehler nachzuweisen. Das mit Silbernitrat (5 : 100) behandelte Papier wird im Dunkeln getrocknet und dann über eine Schale gelegt, in der sich etwas Jodlösung oder Bromwasser befindet. Wenn sich nach dieser Behandlung keine Flecke bemerkbar machen, so wird das Papier nach vorhergegangener Belichtung in gewöhnlicher Weise entwickelt und fixiert.

10. Dämpfen des Papiers mit Alkohol, Äther, Terpentin, Anilinöl, Salz- und Salpetersäure, Jod, Brom usw. Wenn es sich darum handelt, Fehler nachzuweisen, die in dem Rohpapier nicht sichtbar sind, so verwendet man zweckmäßig gasförmige Reagentien. Das Papier wird über eine flache Glasschale, auf deren Boden sich eine geringe Menge des flüchtigen Reagens befindet, gelegt und mit einem Uhrglas überdeckt. Von Zeit zu Zeit wird nachgesehen, ob sich Flecke zeigen.

Leimung.

Tierische Leimung.

Ein in der Praxis wegen seiner Einfachheit vielfach angewendetes Verfahren zur Unterscheidung von Tierleim und Harzleim besteht darin, daß man mit Hilfe eines brennenden Lichtes Stearin auf das Papier tropft. Bei nur mit Harz geleimten Papieren durchdringen die Tropfen das Papier sofort, bei tierisch geleimten nicht. Entfernt man das Stearin nach dem Erkalten, so ist auf dem tierisch geleimten Papier die getroffene Stelle kaum sichtbar, während sie bei dem Papier mit Harzleim glasig durchscheinend, wie ein Fettfleck erscheint.

Bei Anwendung dieses Verfahrens darf man aber nicht außer acht lassen, daß sich Papiere, die im Stoff mit Harz und im Bogen mit Tierleim geleimt sind, ebenso verhalten, wie die nur mit Tierleim geleimten. Auch bei diesen dringt der Tropfen nicht durch. Die Untersuchung auf Harzleim geschieht dann in der S. 149 geschilderten Weise.

Die Leimung der Papiere mit Tierleim erfolgt entweder durch Eintauchen des fertigen Papiers (Bogen oder Bahn) in die Leimlösung (Oberflächenleimung) oder durch Eintragen der Leimlösung in den Holländer (Stoffleimung).

Papiere mit starker Oberflächenleimung zeichnen sich durch harten Griff aus. Drückt man das Blatt kräftig mit feuchten Fingern, so fühlt es sich klebrig an und haftet oft an den Fingern. Stark angehaucht und gerieben riecht es nach Tierleim. Beschreibt man es nach dem Zusammenballen und Reiben, so läuft die Tinte aus und schlägt durch (siehe S. 153).

Der Nachweis von Tierleim auf chemischem Wege kann auf verschiedene Weise erfolgen.

Kiliani[1]) empfiehlt, zur Bestimmung des tierischen Leims dessen Fähigkeit, in der Siedehitze gelbes Quecksilberoxyd zu reduzieren, zu benutzen.

---

[1]) Hoyer, Das Papier. 1882 S. 34.

Zum Versuch werden 10—15 g Papier möglichst fein zerkleinert in einem Becherglase mit destilliertem Wasser ausgekocht.

Während des Kochens versetzt man in einem zweiten Becherglase eine Lösung von Quecksilberchlorid mit verdünnter Ätznatronlösung, wobei man darauf zu achten hat, daß letztere im Überschuß zugesetzt wird.

Zu dem ausgefällten gelben Quecksilberoxyd fügt man den durch Kochen des Papiers erhaltenen wässerigen Auszug.

Kocht man diese Mischung eine Zeitlang, so wird bei Anwesenheit von tierischem Leim der gelbe Niederschlag erst schmutziggrün, dann schwarz; nach dem Kochen setzt sich am Boden des Becherglases ein schwarzer Niederschlag von metallischem Quecksilber ab.

Ist in dem Papier Tierleim nicht vorhanden, so verändert sich entweder die gelbe Farbe des Quecksilberniederschlages nicht, oder sie geht nur in Schmutziggrün über.

Den erhaltenen Niederschlag bringt man zur weiteren Untersuchung auf ein Filter, wäscht ihn mit Wasser und später mit verdünnter Salzsäure aus. Bleibt bei diesem Auswaschen auf dem Filter ein schwarzer Rückstand (metallisches Quecksilber), so ist in dem Papier Tierleim vorhanden.

Bei nicht tierisch geleimten Papieren löst sich der auf dem Filter befindliche Niederschlag vollständig auf.

Man tut gut, sich den Verlauf der Reaktion zunächst durch Kochen des Niederschlages mit Gelatinelösung selbst vor Augen zu führen.

Empfindlicher und einfacher als diese Quecksilberreaktion ist der Nachweis des Tierleims durch Gerbsäure, der darauf beruht, daß letztere mit Tierleim einen Niederschlag von gerbsaurem Leim (Leder) bildet. Versetzt man eine nicht allzu dünne Leimlösung mit Gerbsäure, so entsteht ein dicker gallertartiger Niederschlag, und selbst bei starker Verdünnung der Lösung ist noch eine milchigweiße Trübung zu bemerken, aus welcher sich bald Flocken absetzen.

Behufs Ausführung des Versuches zieht man zunächst das Papier mit destilliertem Wasser aus und dampft den Auszug etwas ein, damit die Reaktion schärfer zu beobachten ist; zu diesem Auszug setzt man nach dem Erkalten Chlorammonium (als Salz) und nach dem Auflösen verdünnte Jod-Jodkaliumlösung in geringem Überschuß; hierbei fällt die mitaufgelöste Stärke als blaue Jodstärke aus; sie wird abfiltriert und das Filtrat mit einigen Tropfen Alaunlösung und dann mit einer Lösung von Gerbsäure in Wasser versetzt. War das Papier tierisch geleimt, so entsteht sogleich oder

nach wenigen Minuten ein mehr oder weniger dicker, flockiger Niederschlag. Ein Niederschlag, der sich erst nach mehreren Stunden bildet, deutet nicht auf Tierleim.

Will man sich hiermit allein nicht begnügen, so filtriert man den Niederschlag ab, trocknet und glüht ihn mit Natronkalk. War Tierleim vorhanden, so bildet sich Ammoniak, das man mit Curcuma- oder rotem Lackmuspapier (feucht) nachweisen kann, wenn es sich nicht schon durch den Geruch bemerkbar macht.

Wenn zur Prüfung nur sehr wenig Material verfügbar ist, wie bei der Untersuchung alter Handschriften, schlägt Wiesner zum Nachweis von Tierleim das Milonsche Reagens vor, welches auf Eiweißstoffe, und diese sind im tierischen Leim stets vorhanden, sehr empfindlich reagiert.

Eine gewogene Menge metallisches Quecksilber wird mit dem gleichen Gewicht rauchender Salpetersäure versetzt und einige Stunden lang an einem kalten Orte sich selbst überlassen; hierauf setzt man eine gleich große Menge destilliertes Wasser hinzu und läßt das Ganze 24 Stunden stehen.

Das zu untersuchende Papier wird auf ein Deckgläschen gelegt und mit dem Reagens befeuchtet; hierauf bringt man es auf ein Drahtnetz und erwärmt langsam. Ist tierischer Leim vorhanden, so färbt sich das Papier in wenigen Minuten rot, und zwar je nach der Menge des vorhandenen Leims rosenrot bis ziegelrot. Später bräunt sich das Papier, weshalb auf den Beginn der Färbung genau zu achten ist.

Aus dem Zutreffen der Millonschen Reaktion kann aber nur unter bestimmten Voraussetzungen auf Tierleim geschlossen werden. Diese sind:

1. Das Papier darf kein Eiweiß als solches enthalten.
2. Das Papier darf keine freien, einfach hydroxylierten aromatischen Gruppen enthalten.

Daß man bei Prüfung alter Beschreibstoffe, unter welchen oft feine Pergamente vorkommen, die mit Papier große Ähnlichkeit haben, auf die Beschaffenheit des Materials Rücksicht zu nehmen hat, ist selbstverständlich. Solche Pergamente geben die Millonsche Reaktion ausgezeichnet, weil sie aus leimgebender Masse bestehen.

Die quantitative Bestimmung des Tierleims geschieht am besten durch Ermittelung des Stickstoffgehaltes nach einem der hierfür bekannten Verfahren (z. B. Kjeldahl).

Kaseinleim.

Kasein, meist in Form von Ammonium-Albumin, wird in einigen Fabriken beim Leimen mitverwendet,[1]) um dem Papier erhöhte Leimfestigkeit und besseren Griff zu verleihen. Bei der Herstellung gestrichener Papiere findet es zum Binden des Striches gleichfalls Verwendung. Zum Nachweis von Kasein benutzt man am besten die Reaktion von Adamkiewicz, nach der sich eine Mischung von 1 Vol. konzentrierter Schwefelsäure und 2 Vol. Eisessig nach Zusatz von Kasein beim Erwärmen schön rotviolett färbt. Tierleim gibt diese Färbung nicht.

Das Ausziehen des Kaseins aus dem Papier erfolgt durch Behandeln mit Boraxlösung oder schwachen Laugen. Die Ausscheidung aus der Lösung erfolgt dann durch Ansäuern und, wenn nötig, durch Kochen mit Essigsäure. Das abgeschiedene Eiweiß wird abfiltriert, getrocknet und in angegebener Weise geprüft. Entsteht (bei sehr geringen Mengen Eiweiß) kein Niederschlag, so dampft man das Ganze zur Trockene ein und prüft den Rückstand.

Zuweilen tritt bei der Ausführung der Reaktion so starke Gelbfärbung ein, daß die violette Färbung verdeckt wird.

Harzleimung.

Die Ansichten, welches bei der Anwendung des Harzleims die wirkenden Faktoren seien, ob freies Harz, ob harzsaure Tonerde oder ein Gemenge beider, sind noch geteilt. Dr. Wurster behauptet, die Leimfestigkeit des Papiers werde lediglich durch freies Harz bedingt, andere behaupten, daß sie durch eine Verbindung des Harzes mit der Tonerde bewerkstelligt wird.

Daß auf alle Fälle immer freies Harz im Papier vorhanden ist, dürfte wohl nicht mehr angezweifelt werden, und hierauf stützen sich im wesentlichen die Verfahren für den Nachweis der Harzleimung.

Eines der ältesten beruht darauf, daß eine alkoholische Lösung von Harz, sobald sie mit Wasser stark verdünnt wird, sich durch Ausscheidung von Harz milchig trübt.

Man übergießt einen in kleine Stücke zerrissenen halben Bogen des zu prüfenden Papiers mit absolutem Alkohol und bringt das Gefäß, in dem das Ausziehen vorgenommen wird, etwa eine Viertelstunde lang in heißes Wasser. Gießt man den Auszug dann in destilliertes Wasser, so scheidet sich das Harz aus, es entsteht eine milchigweiße Trübung.

---

[1]) Hofmann, Handbuch der Papierfabrikation. 1891 S. 380.

Diese Reaktion ist indessen nicht sehr empfindlich; bei kleinen Mengen Papier tritt sie meist nur undeutlich auf. Setzt man aber dem Alkohol vor dem Kochen einige Tropfen Salzsäure oder Essigsäure hinzu, so geht auch das gebundene Harz in Lösung, und die Trübung ist dann erheblich stärker.

Eine sehr deutliche Reaktion erhält man auch, wenn man das Papier mit reiner Essigsäure (Eisessig) ohne Zusatz von Alkohol in der Wärme auszieht und dann den Auszug mit Wasser versetzt; in diesem Falle genügen schon wenige Quadratzentimeter Papier und der Versuch kann bequem in einem Reagensglase ausgeführt werden. Man bringt in das Glas kleine Stücke des zu untersuchenden Materials, übergießt mit 2—3 ccm Eisessig, läßt einige Male aufkochen und füllt mit destilliertem Wasser; war Harzleim vorhanden, so entsteht eine dicke weiße Trübung, anderenfalls bleibt die Flüssigkeit klar.

Schwaches Opalisieren der Flüssigkeit ist nicht als Beweis für die Anwesenheit von Harzleim anzusehen; die Essigsäure kann nämlich unter Umständen geringe Mengen anderer Stoffe in Lösung bringen, welche diese Erscheinung hervorrufen; sie entzieht z. B. etwa vorhandenem Holzschliff ganz geringe Mengen Harz, löst bei vorhandenem schwefelsaurem Kalk etwas von diesem Füllstoff auf usw. In diesen Fällen tritt beim Verdünnen mit Wasser schwaches Opalisieren ein, das aber mit der Reaktion, welche von Harzleim herrührt, kaum verwechselt werden kann. Um jedoch jeden Zweifel zu beseitigen, tut man gut, einen Teil des Alkohol- oder Essigsäureauszuges zur Trockene zu verdampfen und sich von der harzigen Beschaffenheit des Rückstandes zu überzeugen.

Morawski[1]) schlägt vor, die Storchsche Reaktion zum Nachweis von Harzöl auch bei der Untersuchung von Papier auf Harzleimung anzuwenden. Löst man etwas Kolophonium in einem trockenen Reagensglase durch Erwärmen mit Essigsäureanhydrid und läßt nach dem Erkalten vorsichtig einen Tropfen konzentrierte Schwefelsäure in dem Glase hinunterfließen, so entsteht eine rote bis violette Färbung, die aber sogleich wieder verschwindet, um einer braungelben Platz zu machen. Die Reaktion ist sehr empfindlich und zeigt noch sehr geringe Mengen Harz an. Zum Nachweis im Papier verfährt man mit etwa 10 qcm Papier ebenso. Wegen der ätzenden Eigenschaften der beiden Reagentien ist Vorsicht geboten.

---

[1]) Über eine empfindliche Reaktion zum Nachweise von Fichtenharz. Von Th. Morawski. Mitteilungen aus dem K. K. Technologischen Gewerbemuseum in Wien. 1888 Nr. 1 und 2.

Wiesner[1]) benutzt zum Nachweis von Harzleim im Papier konzentrierte Schwefelsäure und stützt sich hierbei auf die sog. Raspailsche Reaktion.

Nach Raspail nehmen Harze und Fette, ähnlich wie Eiweißkörper, mit Zucker und Schwefelsäure behandelt, eine intensiv rotviolette Farbe an. Da nun durch die Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf die im Papier vorhandene Zellulose Zucker entsteht, so läßt man auf das zu untersuchende Papier einen Tropfen Schwefelsäure fallen. Ist das Papier mit Harz geleimt, so entsteht eine rotviolette Färbung, welche ausbleibt, wenn kein Harzleim vorhanden ist.

Beim Eintreten der Reaktion hat man sich aber nachträglich zu vergewissern, ob im Papier nicht auch Fette oder Eiweißkörper vorhanden sind, da diese die Färbung auch geben. Dieser Umstand beeinträchtigt natürlich den praktischen Wert der Reaktion erheblich. Ferner ist sie nicht anwendbar, wenn das Papier verholzte Fasern enthält, da dann eine so stark schmutziggrüne Färbung auftritt, daß die Harzreaktion völlig verdeckt wird.

Wertvoll für den Untersuchenden ist bei Anwendung dieser Reaktion der Umstand, daß man zu ihrer Ausführung nur sehr wenig Papier braucht.

Ein weiteres Verfahren, das sich durch große Einfachheit in der Versuchsausführung auszeichnet, ist das folgende.[2]) Man schneidet aus dem zu prüfenden Material ein etwa handgroßes Stück heraus, legt es auf eine hohle Unterlage (Glasschale, Uhrglas, Trinkglas o. a) und läßt aus einer Tropfflasche etwa 4—6 Tropfen Äther auf die Mitte des Blattes fallen. Der Äther breitet sich auf dem Blatt mehr oder weniger aus und ist nach kurzer Zeit verdunstet; die Verdunstung kann durch Zufächeln oder Zublasen von Luft noch befördert werden, so daß der ganze Versuch kaum 15 bis 20 Sekunden in Anspruch nimmt. Bei harzgeleimten Papieren zeigt sich dann ein mehr oder weniger deutlicher Harzrand. Bildet sich nach der ersten Verdunstung kein Rand, so tut man gut, noch ein zweites und drittes Mal zu tropfen, da zuweilen bei Papieren mit wenig Harzleim, z. B. bei gleichzeitig vegetabilisch und tierisch geleimten, der Rand weniger deutlich erscheint als sonst.

Aus Fig. 73 ist zu ersehen, wie die Reaktion auftritt. Die Figuren zeigen vier verschiedene Papiersorten, welche in der eben

[1]) Die mikroskopische Untersuchung des Papiers. Von Prof. Dr. Jul. Wiesner. Wien 1887.

[2]) Über ein neues einfaches Verfahren zum Nachweis von Harzleim in Papier. Vom Verfasser. Mitt. a. d. Königl. techn. Vers.-Anst. 1892 S. 80.

geschilderten Weise behandelt und dann im durchfallenden Licht photographisch aufgenommen wurden.

Besonders wertvoll dürfte sich dieses Verfahren beim Prüfen von Büchern, Druckwerken, Handschriften, Landkarten usw. erweisen, da man diese direkt, ohne Teile davon zu entnehmen, dem Versuch unterwerfen kann. Der zurückbleibende Harzrand wird das Versuchsobjekt in den meisten Fällen nicht entwerten; man kann sich in diesen Fällen mit einem Raum begnügen, der für einen einzigen Tropfen ausreicht, da dieser schon, entweder beim ersten Male oder im Wiederholungsfall, das Harz anzeigt.

In den weitaus meisten Fällen wird es dem Ermessen des Untersuchenden freistehen, sich der einen oder anderen der ge-

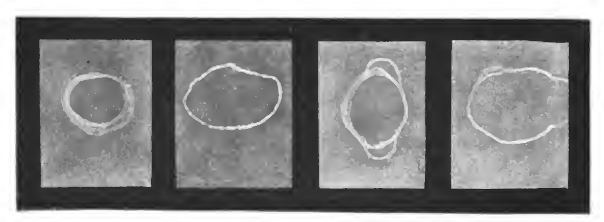


Fig. 73.

schilderten Verfahren zu bedienen; er wird sich dabei leiten lassen von äußeren Umständen, etwa von den zur Verfügung stehenden Reagentien, der Menge des vorhandenen Papiers usw. In einigen besonderen Fällen aber wird er eine Auswahl zu treffen haben. Handelt es sich z. B. um ein gefettetes Papier, so kann man dieses nicht durch Ausziehen mit Alkohol oder Eisessig untersuchen, da dann auch das Fett in Lösung geht und nachher mit Wasser eine Trübung gibt; ebensowenig kann man in diesem Falle die Wiesnersche Reaktion anwenden, da schon das vorhandene Fett Ursache einer Färbung im Verein mit Schwefelsäure werden würde; auch die Äthertropfmethode läßt hier im Stich, da schon durch das Fett allein ein Rand erzeugt wird. Es bleibt also für diesen Fall nur die Morawskische Reaktion übrig, wobei man allerdings die wohl immer zutreffende Voraussetzung machen muß, daß zum Fetten des Papiers keine Harzöle Verwendung gefunden haben, denn diese geben die Morawskische Reaktion ebenfalls. Auch bei gefärbten Papieren wird man nicht immer jede der angeführten Methoden anwenden können; je nach dem Verhalten des Farbstoffes den an-

zuwendenden Reagentien gegenüber wird man eine Auswahl vorzunehmen haben. Kurz, man kann zum Nachweis des Harzes im Papier nicht gut eine allgemeine Vorschrift geben, die auch alle besonderen Fälle in sich schließt; der Untersuchende muß vielmehr von Fall zu Fall selbst seine Entscheidung treffen.

Zur Bestimmung der Menge des vorhandenen Harzes (frei und gebunden) kocht man das Papier mit etwa fünfprozentiger Natronlauge, filtriert, wäscht den Papierbrei mit heißem Wasser aus und setzt zu dem Filtrat Schwefelsäure. Das hierbei ausgeschiedene Harz wird durch Schütteln mit Äther aufgenommen und bestimmt.

Nachweis von Tierleim und Harzleim auf mechanischem Wege.

Unter Umständen kann man schon auf mechanischem Wege die Art der Leimung eines Papiers feststellen. Man behandelt zu dem Zwecke einen halben Bogen so, wie es auf S. 44 bei Besprechung der Handknitterprüfung geschildert wurde, aber ohne Löcher in das Blatt zu reiben. Auf das zusammengeballte, zerknitterte und schwach geriebene Papier zieht man Tintenstriche. Schlagen diese durch, so ist das Papier nur tierisch geleimt (Bogen oder Bahnleimung), schlagen sie nicht durch, so liegt Harzleimung vor. (Neben dieser kann auch noch Tierleim vorhanden sein, der dann auf chemischem Wege nachgewiesen werden muß.)

Aus Fig. 74 ist das verschiedene Verhalten der Tinte zu ersehen.

Die Erklärung der Erscheinung liegt in der verschiedenen Verteilung des Leimmaterials.

Der Harzleim ist durch die ganze Masse des Papiers gleichmäßig verteilt, während der Tierleim im wesentlichen nur in den äußeren Schichten des Blattes abgelagert ist und die innere Schicht mehr oder weniger leimfrei ist.

Nach dem Reiben hat sich nun bei dem harzgeleimten Papier hinsichtlich der Lagerung der Leimteilchen nichts geändert, sie verhindern nach wie vor das Durchschlagen der Tinte. (Fig. 74, Proben 1—3.)

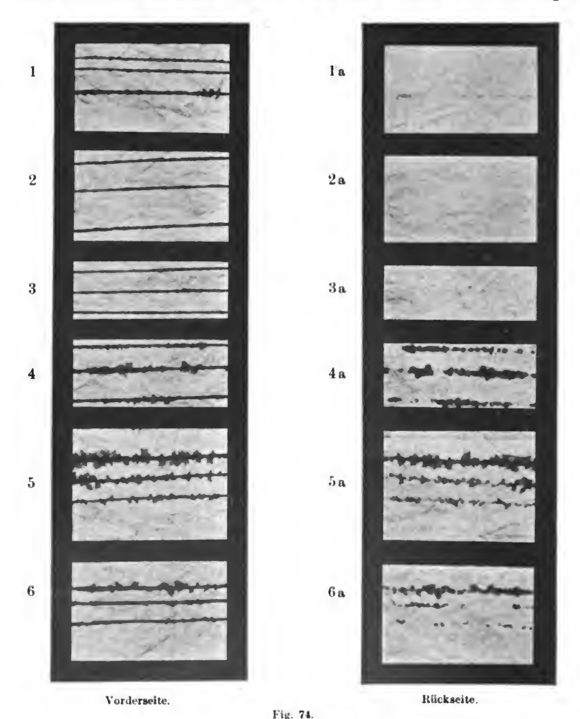
Bei den tierisch geleimten Papieren aber ist die Leimschicht auf beiden Seiten vielfach durchbrochen und mit zahlreichen Löchern und Rissen durchsetzt.

In diese Risse dringt die Tinte ein und durchdringt die Mittelschicht bis zur anderen Seite (Fig. 74, Proben 4—6).

Natürlich wird man diese Prüfung nur als Notbehelf benutzen, in Fällen, in denen die Mittel zum einwandfreien Nachweis auf chemischem oder physikalischem Wege nicht zur Hand sind.

Stärke.

Die Stärkeleimung, welche als solche bei uns nicht mehr in Gebrauch ist, ist älteren Datums als die animalische und vege-



Vorderseite. Rückseite.

Fig. 74.

Tintenstriche auf zerknittertem und geriebenem Papier.
Proben 1—3 harzgeleimt. Proben 4—6 tierisch geleimt (Bogenleimung).

tabilische Leimung; schon in den Papyrus der alten Ägypter finden wir Stärke, ferner in den Erzeugnissen der arabischen Papiermacher.

Wiesner[1]) hat nachgewiesen, daß beispielsweise alle Papiere des Papyrus Erzherzog Rainer ausschließlich durch Stärke beschreibbar gemacht worden sind.

Gegen Ende des 14. Jahrhunderts tritt die tierische Leimung bei Papieren auf, dann zu Anfang des 19. Jahrhunderts die Harzleimung, und von da ab geht die Bedeutung der Stärke als Leimungsmittel mehr und mehr zurück. Verwendet wird sie aber für verschiedene Zwecke auch heute noch, obwohl die Ansichten über die Zweckmäßigkeit und den Nutzen ihrer Anwendung in den Fachkreisen weit auseinandergehen. Sie dient zur Verbesserung der Leimung, zum besseren Festhalten der Füllstoffe, direkt als Füllstoff, als Schönungs- und Appreturmittel zur Erhöhung der Dichte, Steifheit und Härte usw., meist in Form von Kleister, aber auch roh, nur mit Wasser angerührt. Verwendung findet meist Kartoffelstärke, als billigste Stärkesorte.

Der Nachweis der Stärke im Papier geschieht mit Hilfe von stark verdünnter Jod-Jodkaliumlösung; bringt man einen Tropfen hiervon auf stärkehaltiges Papier, so entsteht eine Blau- oder Violettfärbung infolge der Bildung von Jodstärke. Die Jodlösung muß sehr verdünnt sein, weil sonst die Blaufärbung des Papiers durch die braune Farbe der Lösung verdeckt wird.

Zur Bestimmung der Menge der vorhandenen Stärke wird letztere durch Behandlung des Papiers mit Diastase oder verdünnter Säure in Zucker übergeführt und dieser mit Hilfe der hierfür bekannten Verfahren bestimmt.[2])

Viskose.

Viskose, hergestellt durch Behandlung von Zellstoff mit Alkalien und Schwefelkohlenstoff, ein Zellulosexanthogenat, ist als Zusatz bei der Harzleimung in Vorschlag gebracht und auch schon vielfach verwendet worden. Sie soll dem Papier erhöhte Festigkeit, Härte und besseren Griff verleihen. Als eigentliches Leimmaterial kommt sie nicht in Frage, da sie, auch in großen Mengen angewendet, kein leimfestes Papier ergibt. Ihre Anwendung ist z. Z. auf Packpapiere und ähnliche Erzeugnisse beschränkt, da sie wegen ihrer Färbung bei Herstellung weißer Papiere nicht verwendet werden kann.

Die Fage des Nachweises von Viskose im Papier bedarf noch gründlicher Durcharbeitung.

---

[1]) Mitt. a. d. Sammlung des Papyrus Erzherzog Rainer 1887 S. 45.

[2]) Lunge, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden Bd. III S. 392.

Klemm[1]) führt ihn an der Hand des mikroskopischen Bildes. Die Papierfasern sind nach seinen Beobachtungen wie mit einem Netz wirrer Fäserchen umsponnen, die sich in Jodkaliumlösung grau mit einem Stich ins Bräunliche, mit Chlorzinkjodlösung violett färben.

Wachs, Paraffin, Stearin, Fett, Öl.

Diese Stoffe werden bei der Herstellung von Sondererzeugnissen der Papierindustrie (Pauspapier, Paraffinpapier usw.) benutzt, teils als Zusatz zum Papierstoff, teils zum Tränken der fertigen Bahn.

Zum Nachweis zieht man möglichst große Mengen Papier in einem Extraktionsapparat mit Äther, Chloroform o. a. aus, verdunstet auf dem Wasserbade und untersucht den Rückstand auf sein chemisches Verhalten, seine Jodzahl, Verseifungszahl usw.[2])

---

[1]) Klemm, Handbuch der Papierkunde 1904 S. 255.
[2]) Lunge, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden 1905.

Leimfestigkeit.

Von einem Schreibpapier verlangt man, daß es leimfest ist, d. h., daß Tintenschrift weder ausläuft noch durchschlägt. Die Forderung, daß die Schriftzüge nicht auslaufen, ist ohne jede Einschränkung zu stellen; ob das Papier dick oder dünn ist, die Schriftzeichen müssen scharfe Ränder zeigen, wenn es als leimfest gelten soll.

Bei der Beurteilung des Widerstandes des Papiers gegen das Durchdringen der Tinte muß man seine Ansprüche mit der Dicke des Materials in Einklang bringen, da naturgemäß unter sonst gleichen Umständen dickeres Papier stärkere Schrift zu halten im stande ist als dünneres.

Bestimmung der Leimfestigkeit nach Leonhardi.

Zur Beurteilung der Leimfestigkeit von Papier hat Leonhardi, gestützt auf grundlegende, von Schluttig ausgeführte Versuche, die Behandlung mit neutraler Eisenchloridlösung, deren Eisengehalt 1,531 % beträgt, vorgeschlagen.[1] Nach seinen Beobachtungen soll diese Lösung in ihrer Fähigkeit, Papiere zu durchdringen, mit den besseren Schreib- und Kopiertinten übereinstimmen.

Mittels einer Ziehfeder werden auf dem zu untersuchenden Papier Striche mit der erwähnten Eisenchloridlösung gezogen; die Spitzen der Feder stehen hierbei 1 mm auseinander.

Nach dem Eintrocknen wird auf die Rückseite des Papiers eine geringe Menge ätherischer Tanninlösung gegossen.

Ist das Papier schlecht geleimt, so ist Eisenlösung durch das Blatt gedrungen, und diese Stelle färbt sich dann bei dem Aufgießen der Tanninlösung mehr oder weniger schwarz.

Bestimmung der Leimfestigkeit nach Post.

Post hat diesem Verfahren eine andere Ausführungsform gegeben, wobei er zugleich in gewissem Maße auf die Dicke des Papiers Rücksicht nimmt.

---

[1]) Papier-Zeitung 1884 S. 625.

Die Eisenchloridlösung wird in einer Flasche aufbewahrt, wie sie Fig. 75 zeigt. Der bis auf den Boden gehende Stopfen ist eine Pipette, welche oben mit einer feinen Gummimembran verschlossen ist. Die Pipette läßt bei einem Druck auf die Gummischeibe stets Tropfen von 0,03 g fallen.

Man hängt die gefüllte Pipette so auf (Fig. 76), daß ihre Spitze von der Tischplatte 10 cm entfernt ist, legt ein Stück des zu untersuchenden Papiers darunter und läßt durch Drücken auf die Gummi-

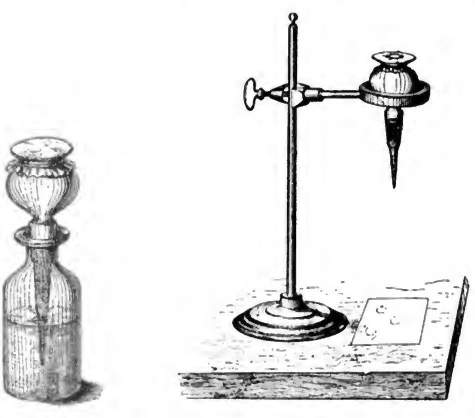


Fig. 75. Fig. 76.

membran einen Tropfen der Eisenlösung fallen. Den Tropfen läßt man so viel Sekunden auf dem Papier, wie dieses Gramm pro Quadratmeter schwer ist. Nach Verlauf dieser Zeit nimmt man den Rest des Tropfens mit Filtrierpapier auf.

Hat man auf diese Weise 4—5 Flecke erzeugt, so behandelt man nach völligem Trocknen die Rückseite des Papiers mit Tanninlösung, wie vorher angegeben.

Von der Anwendung der ätherischen Tanninlösung sollte man indessen Abstand nehmen und statt dessen eine wässerige Auflösung benutzen, weil der Äther ein Lösungsmittel für Harz ist und deshalb trotz seiner schnellen Verdunstung in das Papier eindringen und so das Tannin in das Innere des Blattes führen kann; man hat deshalb, wenn ein schwarzer Niederschlag entsteht, nicht die

Gewißheit, daß er auf der Rückseite entstanden ist; er kann sich auch im Innern des Papierblattes gebildet haben.

Um dem vorzubeugen, befeuchtet man einen Flock Baumwolle mit wässeriger Tanninlösung und fährt hiermit über die Rückseite des zu prüfenden Papiers; das auf diese Weise schwach angefeuchtete Papier wird sofort mit Fließpapier nachgetrocknet, so daß Eindringen von Feuchtigkeit in das Papier von der Rückseite her nicht zu befürchten ist.

Bestimmung der Leimfestigkeit nach Schluttig-Neumann.

Osw. Schluttig und Dr. G. S. Neumann haben die Ausführung der Prüfung mit Eisenchlorid noch anders gestaltet.[1]) Veranlassung hierzu gaben die Arbeiten Schuberts über das Post-

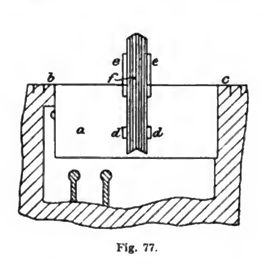


Fig. 77.

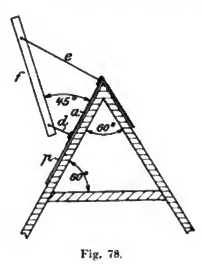


Fig. 78.

sche Verfahren[2]) und der Wunsch, einen Weg zu finden, um auch über den Grad der Leimung ein Urteil abgeben zu können.

Schluttig und Neumann schlagen die Prüfung in folgender Weise vor.

Das Papier *p* wird auf einem hierfür hergerichteten dachartigen Gestell (Fig. 77—78) befestigt, dessen Seitenwände mit der Tischplatte einen Winkel von 60° bilden. Ein Aufsatz trägt eine Blechrinne *f*, die gegen *p* um 45° geneigt ist. In ein Glasröhrchen von bestimmten Abmessungen wird eine stets gleiche Menge Eisenchloridlösung gesaugt, die in 100 Gewichtsteilen 1 g Eisen (als Eisenchlorid), 1 g Gummi arabicum und 0,2 g Phenol enthält. Das Röhrchen wird oben mit dem Finger verschlossen und so gegen *f* gelegt, daß das untere Ende das Papier berührt. Wird nun die obere Öffnung freigegeben, so fließt die Lösung auf dem Papier herunter.

[1]) Papier-Zeitung 1891 S. 1532.
[2]) Papier-Zeitung 1885 S. 1102.

In dieser Weise erzeugt man nach jedesmaligem Verschieben des Aufsatzes um 3 cm noch zwei Streifen (Fig. 79). 15 Minuten nach Bildung des dritten Streifens wird das Blatt umgedreht und auf der Rückseite in gleicher Weise mit wässeriger Tanninlösung (1 prozentige Lösung mit 0,2 g Phenol) so behandelt, daß sich die Streifen in der aus Fig. 80 ersichtlichen Weise kreuzen.

Bei nicht leimfesten Papieren färben sich die neun Kreuzungspunkte der Streifen wenige Sekunden nach dem Herunterlaufen der Tanninlösung schwarz. Ein Papier gilt als leimfest, wenn erst nach Verlauf einiger Minuten Farbreaktionen auftreten, beginnend

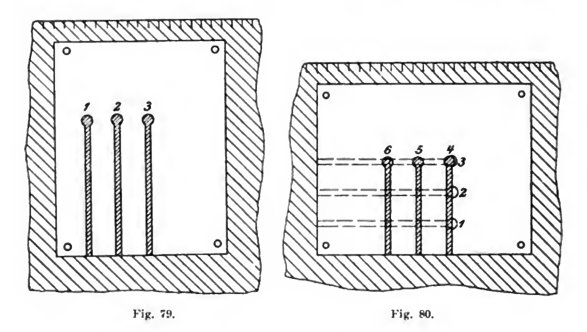


Fig. 79. Fig. 80.

bei 1/6, so daß die vier inneren Kreuzungspunkte 1/6, 2/6, 1/5 und 2/5, deutlich grau bis schwarz, wohl auch einige der äußeren grau gefärbt sind.

Zeigen die inneren Kreuzungspunkte nach 24 Stunden nur ganz schwache graue Färbung, so gilt das Papier als sehr leimfest; zeigt sich nach dieser Zeit an keinem der Kreuzungspunkte eine Färbung, so ist das Papier außerordentlich leimfest.

Bei zahlreichen im Materialprüfungsamt ausgeführten vergleichenden Prüfungen auf Leimfestigkeit unter Benutzung der beiden zuletzt geschilderten Verfahren einerseits und unter Ausführung von Schreibversuchen mit verschiedenen Tinten andererseits zeigte sich in den meisten Fällen Übereinstimmung in den Ergebnissen. Vereinzelt kamen aber Abweichungen, teilweise recht auffallender Art, vor, die zeigten, daß das Eindringen der Eisenlösung nicht immer in gleicher Weise erfolgt wie das der Tinte.

So wurden beim Arbeiten nach Post, namentlich bei der Untersuchung von blauen Aktendeckeln und Packpapieren, Fälle beobachtet, in denen die Eisenchloridtropfen das Material völlig durchdrangen, starke Tintenschrift aber weder auslief noch durchdrang.

Bei Anwendung des Schluttig-Neumannschen Verfahrens wurden Fälle beobachtet, in denen Papiere nach der Farbbildung an den Kreuzungspunkten als sehr leimfest hätten bezeichnet werden müssen, während Tintenschrift durchschlug. Hier spielte wohl die Oberflächenbeschaffenheit der Papiere eine Rolle, denn bei stark geglätteten Papieren wird das Eindringen der Prüfungsflüssigkeit bei horizontaler Lage des Papierblattes erheblich leichter und stärker erfolgen als bei schräg liegendem Blatt.

Auf die Einzelheiten der gemachten Beobachtungen kann hier nicht weiter eingegangen werden; sie haben aber gezeigt, daß zur Beurteilung der Leimfestigkeit von Papier unbedingt auch Versuche unter Verwendung von Tinte ausgeführt werden müssen, die man ja auch ohnehin vornehmen muß, um festzustellen, ob die Schrift scharfe Ränder gibt. Man wählt zweckmäßig 2—3 gute Handelsmarken verschiedener Zusammensetzung aus, die man gut verschlossen aufbewahrt. Für den Versuch entnimmt man jedesmal kleine Mengen aus den Vorratsflaschen.

Der Versuch selbst wird am besten mit einer Ziehfeder ausgeführt. Man zieht Striche von verschiedener Dicke und achtet auf möglichst gleichmäßige Ausführung. Zunächst werden die Spitzen der Feder für die gewünschte Strichdicke eingestellt, dann Tinte bis zu einer gewissen Marke eingefüllt und schließlich die Feder an einem Lineal entlang geführt, soweit es angeht, stets mit gleicher Geschwindigkeit und in derselben Neigung zum Papierblatt. Vor jedem neuen Strich wird die Feder wieder gefüllt.[1]) Die Striche werden untereinander gezogen und Kreuzungen vermieden.

Will man über den Grad der Leimfestigkeit ein Urteil abgeben, so steigert man die Strichdicke, etwa von $^1/_2$ mm anfangend, von Versuch zu Versuch um $^1/_4$ mm, bis die Tinte durchschlägt. Man kann dann sein Urteil dahin zusammenfassen, daß man das Papier als leimfest für Strichdicken bis zu . . . mm erklärt. Dieses Urteil gibt ein klares Bild über die Beschreibbarkeit des vorliegenden Materials, klarer als die Angaben leimfest, sehr leimfest usw.

Gewöhnliche Schreibpapiere, wie Kanzlei- und Konzeptpapiere von etwa 80—100 g Quadratmetergewicht, wird man als genügend

[1]) Nach beendigtem Versuch reinige man die Feder gründlich, damit sie so wenig wie möglich von der Tinte angegriffen wird. Werden die Spitzen im Laufe des Gebrauches rauh, so müssen sie neu angeschliffen werden.

geleimt ansehen können, wenn $^3/_4$ mm dicke Striche weder auslaufen noch durchschlagen.

Hat man das Papier mit der Ziehfeder behandelt, so beschreibe man es auch in gewöhnlicher Weise, wobei man gut tut, stets den gleichen Wortlaut, z. B. Namen und Wohnort, anzuwenden, da hierdurch größere Gleichmäßigkeit in der Ausführung gesichert wird als bei stets wechselnden Worten.

Bei Papieren, die nur auf einer Seite beschrieben werden, wie Briefumschlagpapier, kann man sich mit der Forderung begnügen, daß die Schriftzüge scharfe Ränder aufweisen; ob sie Neigung zum Durchschlagen zeigen, kommt praktisch nicht in Betracht. Bei Wechselpapieren kann schwache Leimung sogar von besonderem Wert sein, da durch das tiefe Eindringen der Tinte Fälschungen erschwert werden.

Eine wertvolle Ergänzung der Schreibversuche, bei denen doch insgesamt immer nur eine verhältnismäßig kleine Fläche des Papiers der Einwirkung der Tinte unterliegt, bildet das Bepinseln einer größeren Papierfläche mit Tinte. Dieser Versuch liefert einen Anhalt zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Leimung und läßt diejenigen Papiere leicht und schnell erkennen, die die Tinte punktförmig durchlassen, sonst aber leimfest sind. Auf das Vorkommen derartiger Fälle ist in der Fachliteratur wiederholt hingewiesen.[1]) Sie treten auf, wenn das Papier Bestandteile enthält, die das Leimen an der betreffenden Stelle verhindern (Chlorkalkteile, Füllstoffklümpchen usw.).

Die Stellen, an denen die Tinte durchdringt, sind im Papier vorher nicht zu erkennen; sie zeigen sich aber sofort als helle und durchscheinende Stellen, wenn man es einige Sekunden in Wasser taucht. Nach dem Trocknen des Bogens sind sie wieder unsichtbar. Infolge des punktförmigen Durchdringens der Tinte ist das Papier für beiderseitiges Beschreiben meist ungeeignet, und es erfolgt dann häufig Beanstandung derartiger Ware.

Fig. 81 zeigt die Art dieses Durchdringens der Tinte an der Rückseite von drei Papierabschnitten, die auf der Vorderseite teils beschrieben (die obere größere Probe), teils mit Tinte bepinselt wurden (die zwei kleineren unteren Proben).

Gegen die Ausführung der Versuche mit Tinte lassen sich naturgemäß eine Reihe von Einwänden erheben. Einmal ist man abhängig von der Beschaffenheit der Tinte,[2]) die auch in den besten

---

[1]) Mitteil. a. d. Königl. techn. Vers.-Anst. 1897 S. 85 und 1906 S. 217.

[2]) Die Tinten des Handels sind zwar recht verschieden, aber die Erfahrung hat doch gezeigt, daß man auf gut geleimten Papieren fast mit allen Handelstinten schreiben kann, ohne Auslaufen oder Durchschlagen der Schrift befürchten zu müssen.

Fabriken nicht immer von gleicher Zusammensetzung hergestellt werden kann, ferner ist die Art und Weise des Auftragens nicht immer gleich, es wird nicht immer die gleiche Menge Tinte auf eine bestimmte Strichlänge kommen u. a. m.

Ähnliche Einwände sind aber auch gegen die beiden geschilderten Eisenchloridverfahren zu machen.

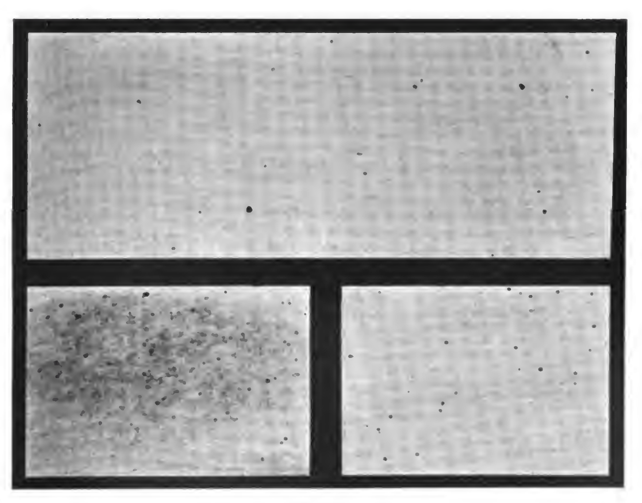


Fig. 81.
Papier mit durchlässigen Stellen.

Man kann aber die Versuche mit Tinte, wie schon erwähnt, nicht entbehren und man muß sich mit den Mängeln, so gut es geht, abfinden, bis das Verfahren weiter ausgearbeitet ist. Vielleicht gelingt es, eine Vorrichtung zu schaffen, mit Hilfe deren man die Tinte in stets gleicher Weise auf das Papier bringen kann (gleiche Geschwindigkeit beim Ziehen mit der Feder, gleiche Neigung der Feder zum Blatt, gleiche Tintenmenge für die Längeneinheit, gleicher Druck der Feder usw.).

Bestimmung der Leimfestigkeit nach Kollmann.[1])

Kollmann schlägt vor, das Papier auf der einen Seite mit Phenolphtaleinlösung, auf der anderen mit Natronlauge zu behandeln; die Lösungen dringen in das Papier ein, und sobald sie aufeinandertreffen, entsteht eine Rotfärbung. Die Zeit zwischen dem Aufbringen der Flüssigkeiten und dem Auftreten der Färbung wird in Sekunden bestimmt, so daß die Widerstandsfähigkeit des Papiers gegen das Durchdringen der Lösungen zahlenmäßig zum Ausdruck kommt.

Die Versuchsausführung ist nach Kollmann folgende.

Man bereitet sich eine 1 prozentige Natronlauge und eine Phenolphtaleinlösung, zu welchem Zwecke man 0,5 g Phenolphtalein in 10 ccm Alkohol löst und 1 ccm dieser Lösung mit Wasser auf 40 ccm verdünnt. Man erhält so eine milchige Phenolphtaleinlösung, welche man, wie die Natronlauge, in Glasfläschchen füllt, deren eingeriebener Stöpsel unten in einen Glasstab endet, welcher beständig in die Flüssigkeit eintaucht. Dann wird aus dem zu untersuchenden Papiere ein Stück von ca. 80 bis 100 qcm herausgeschnitten und mittels vier Reißnägeln auf die eine Seite eines entsprechend großen, viereckigen Holzrahmens befestigt, so daß das Papier gespannt ist und man von beiden Seiten ungehindert arbeiten kann. Sodann befeuchtet man die eine Seite des Papiers vermittels des Stöpsels mit der Phenolphtaleinlösung, kehrt den Rahmen um und betupft die entsprechende Stelle auf der anderen Papierseite mit der Natronlauge; gleichzeitig mit dem Aufbringen der Lauge setzt man mit der linken Hand eine Sekundenuhr in Gang. Dann dreht man den Rahmen wieder um und beobachtet den Phenolphtaleintropfen, indem man den Rahmen auf einen Bogen weißes Papier stellt. Sowie man eine Rötung bemerkt, stellt man die Uhr ab. Der Rahmen muß auch auf der Seite, auf der man das Papier anheftet, mit zwei Leisten versehen sein, so daß er auf beiden Seiten liegen kann, ohne daß sich die Tropfen verwischen. Nach dem Betupfen mit Phenolphtalein bringt man auf der anderen Seite sofort die Natronlauge auf, obwohl eine Differenz von $^1/_2$ bis 1 Minute bei besser geleimten Papieren das Ergebnis nicht beeinflußt. Die Rotfärbung tritt zuerst nur an einzelnen Punkten, aber immer deutlich erkennbar auf.

Die Zeitdauer bis zum Eintritt der Reaktion beträgt meist nur $^1/_4$ bis $^1/_2$ Minute, so daß man bei einiger Übung und innerhalb 5 Minuten 3 bis 4 Bestimmungen an einem Papier vornehmen kann, welche meist sehr gut übereinstimmen.

---

[1]) Zentralblatt f. d. österr.-ung. Papierindustrie 1906 S. 681.

Die Anzahl Sekunden bis zum Eintritt der Rotfärbung ist die absolute Leimfestigkeit (L_a). Oft ist es aber nötig, auch das Gewicht und die sonstige Beschaffenheit des Papiers mit in Betracht zu ziehen; ein vorzüglich geleimtes, aber dünnes Papier könnte gegebenenfalls leimschwächer erscheinen, als ein dickes, aber schlechter geleimtes Papier. In diesem Falle soll man die absolute Leimfestigkeit durch das Quadratmetergewicht des Papiers in g dividieren; man erhält dann die relative Leimfestigkeit (L_r).

Papiere mit einer absoluten Leimfestigkeit unter 20 sind leimschwach und als Schreibpapiere nicht geeignet. Gute Briefpapiere, Schreibpapiere usw. sollen eine absolute Leimfestigkeit von 30 bis 40 besitzen.

Von sechs Papieren teilt Kollmann die Versuchsergebnisse wie folgt mit.

Gewöhnliches Zeitungspapier	L_a = 8,	L_r = 0·166
Gewöhnliches Kanzleipapier .	„ = 15,	„ = 0·189
Gewöhnliches Druckpapier .	„ = 17,	„ = 0·226
Luxusbriefpapier	„ = 20,	„ = 0·339
Besseres Druckpapier . . .	„ = 22,	„ = 0·213
Feines Kanzleipapier . . .	„ = 45,	„ = 0·400

An den Ergebnissen fallen die hohen Werte für die Druckpapiere auf; diese sind meist schwach geleimt, solche mit voller Leimung sind selten.

Bedenklich erscheint bei dem Verfahren die Anwendung einer wenn auch schwachen Natronlauge, da diese auf das Papier anders einwirkt als die meist sauren Tinten. Ferner tritt die Farbenreaktion nicht plötzlich, sondern allmählich auf, was die Zeitfeststellung naturgemäß erschwert.

Versuche, die Leimfestigkeit von Papier auf diese Art zu bestimmen, wurden in der früheren Versuchsanstalt zu Charlottenburg unter Verwendung mannigfacher Lösungen, insbesondere Eisenchlorid und Blutlaugensalz, ausgeführt; sie führten aber zu keinem brauchbaren Ergebnis, weil der Eintritt der Farbenreaktion nicht scharf zu beobachten war.

Bestimmung der Leimfestigkeit nach Teclu.

Teclu[1]) läßt aus einer Bürette von 2 mm Ausflußöffnung Tropfen einer 0,2 prozentigen Lösung von kristallisiertem Neublau ($C_{18}H_{15}N_2OCl$) fallen, wobei sich die Ausflußöffnung der Bürette 5 cm über dem Papierblatt befindet. Nach dem Trocknen durchschneidet er das Papier so, daß der Schnitt durch die Mitte der betropften Stelle geht, und mißt nun mit Hilfe eines besonders

[1]) Dingler, Polyt. Journal 1901 S. 387.

hierfür gebauten Mikroskops[1]) die Tiefe, bis zu welcher die Lösung in das Papier eingedrungen ist. Als Maß für die Leimfestigkeit dient die Dicke der ungefärbten Schicht, bezogen in Prozenten auf die Dicke des Papiers.

Mitteilungen über Erfahrungen bei Anwendung dieses Verfahrens, insbesondere darüber, ob die Abstufung der Papiere in gleicher Weise erfolgt wie bei der Behandlung mit Tinte, sind bisher nicht bekannt geworden.

Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Leimfestigkeit von Papier.

Wenn man berücksichtigt, daß die relative Luftfeuchtigkeit in weiten Grenzen schwankt, etwa von 40—80 % und darüber, so ist von vornherein zu erwarten, daß der mehr oder minder hohe Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Ergebnisse der Leimfestigkeitsprüfung beeinflussen wird. Der Verbraucher kann aber mit Recht verlangen, daß sich sein Papier nicht nur bei trockener, sondern auch bei feuchter Luft einwandfrei beschreiben läßt, und bei gut geleimten Papieren ist dies auch der Fall; bei weniger gut geleimten indessen kann man beobachten, daß sie sich bei der Prüfung in trockener Luft noch als leimfest erweisen, nicht aber in feuchter.

Dieser Umstand ist vorzugsweise bei denjenigen Prüfungsverfahren zu beobachten, bei denen die auf das Papier gebrachte Flüssigkeit ganz zum Eintrocknen kommt, also insbesondere bei dem praktischen Schreibversuch.

In diesem Falle hängt die Trocknungsdauer der Schrift oder Linien und somit die Einwirkungsdauer der Tinte auf das Papier wesentlich von dem Feuchtigkeitsgrade der Luft ab. Ist er klein, so verdunstet die Flüssigkeit schnell, die Tinte kann dann weniger tief in das Papier dringen als bei feuchter Luft, in der der Verdunstungsprozeß nur langsam vonstatten geht.

Man wird daher darauf achten müssen, daß man die Versuche nicht bei zu trockener Luft ausführt, was namentlich im Winter vorkommen kann. Im Materialprüfungsamte werden sie stets bei 65 % Luftfeuchtigkeit vorgenommen, also in einer Luft, die feuchter ist als die, mit der wir während des allergrößten Teiles des Jahres zu rechnen haben.

Radierfähigkeit.

Von einem guten Schreibpapier verlangt man, daß es sich auch noch auf radierten und wieder geglätteten Stellen beschreiben läßt, ohne daß diese Stellen nachher besonders auffallen. In noch

[1]) Dingler, Polyt. Journal 1895 S. 187.

höherem Maße wird diese Eigenschaft bei Zeichenpapieren verlangt, die auch noch nach wiederholtem Radieren glatte, nicht auslaufende Linien ergeben sollen. Diese Eigenschaft kann nur durch geeignete Mahlung des Stoffes und sorgfältige Leimung der Papiermasse erzielt werden. Papiere, die nur im Bogen mit Tierleim geleimt sind, zeigen diese Eigenschaft nicht, da sie im Innern eine nicht oder nicht voll geleimte Schicht haben. Radiert man auf derartigen Papieren und beschreibt die radierten Stellen nach dem Glätten wieder, so dringt die Tinte in den ungeleimten Teil des Blattes und verläuft hier. Um diesen Übelstand zu beseitigen, leimt man daher vielfach im Stoff mit Harzleim und im Bogen oder in der Bahn mit Tierleim. Derartige Papiere zeichnen sich dann durch besonders große Leimfestigkeit aus.

Bei harzgeleimten Papieren ist bei richtiger Durchführung des Leimprozesses die ganze Masse des Blattes geleimt und demgemäß letzteres auch noch an den Stellen beschreibbar, an denen durch Radieren eine mehr oder weniger dicke Schicht entfernt worden ist.

Der beste Weg, sich über die Radierfähigkeit eines Papiers zu unterrichten, ist der, es zu beschreiben, Teile nach dem Trocknen durch Rasur zu entfernen und die radierten Stellen wieder zu beschreiben. Meist wird dies ohne Auslaufen der Schrift möglich sein; es gibt aber auch im Stoff geleimte Papiere, die im ursprünglichen Zustande gute und scharfe Schriftzüge geben und die Tinte nicht durchlassen, auf den radierten Stellen aber fließen.

Klemm[1]) schlägt zur schnellen Feststellung der Radierfähigkeit vor, das Papier flach so zu zerreißen, daß an der Rißstelle ein breites Abschälen stattfindet. Man zieht dann Tintenstriche bis auf den durch das schräge Abschälen bloßgelegten inneren Teil des Blattes. Bei gut geleimten Papieren läuft die Tinte hierbei weder aus, noch schlägt sie durch. Solche Papiere werden sich meist gut radieren lassen, vorausgesetzt, daß die Papieroberfläche beim Radieren nicht aufrauht, was ja durch den Versuch nicht zum Ausdruck kommt.

---

[1]) Klemm, Handbuch der Papierkunde 1904 S. 285.

Fettdichtigkeit.

Zum Verpacken von Nahrungsmitteln wird jetzt Pergament- und Pergamynpapier in großen Mengen verwendet. Verlangt wird von diesen Papieren, falls sie zum Einwickeln von Butter, Schmalz, Speck usw. dienen sollen, in erster Linie, daß sie fettdicht sind.

Zur Feststellung der Fettdichtigkeit wird meist die sog. Blasenprobe angewendet. Wenn man eine Kerzenflamme, Bunsenflamme oder auch ein brennendes Streichholz kurze Zeit auf Pergamentpapier wirken läßt, so entstehen mit einem knisternden Geräusch Blasen von der Größe eines Stecknadelknopfes bis zu der einer großen Bohne und darüber. Am besten verfährt man so, daß man mit einem handgroßen Stück Papier die Flamme von oben her mit kurzem Ruck auf die Hälfte herunterdrückt, das Papier einen Augenblick stillhält und dann aus der Flamme entfernt, bevor es sich entzündet. Hierbei entsteht im Innern des Papiers Dampfentwicklung, und da die Dämpfe wegen der dichten Oberfläche des Papiers nur schwer entweichen können, so treten blasige Auftreibungen des Papierblattes auf. Je dichter die Oberfläche ist, um so stärker ist die Blasenbildung.

Fig. 82 zeigt ein Pergamentpapier, das an mehreren Stellen der Einwirkung einer Flamme ausgesetzt worden ist.

Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß Pergament- und Pergamynpapiere, die in der Flamme Blasen bilden, in den allermeisten Fällen auch fettdicht sind. Es kommen aber auch Ausnahmen vor; es gibt Pergamentpapiere, die keine Blasen bilden und dennoch fettdicht sind, und andererseits solche, die trotz (meist schwacher) Blasenbildung nicht völlig fettdicht sind; im letzten Falle sind meist kleine Löcher im Pergamentpapier die Ursache des Durchdringens von Fett.

Selbst bei gewöhnlichen Papieren mit starker Oberflächenleimung ist Blasenbildung beobachtet worden.

Es ist daher nötig, sich nicht auf die Blasenprobe allein zu stützen, sondern das Papier auch noch direkt mit Fetten oder Öl

in Berührung zu bringen. Bewährt hat sich für diesen Zweck die Behandlung mit Terpentinöl. Man legt das zu prüfende Papier auf einen Bogen Schreibpapier, gießt eine kleine Menge Terpentinöl auf das zu prüfende Blatt und verreibt das Öl mit einem Watte-



Fig. 82.
Blasenprobe mit Pergamentpapier.

bausch. Zeigt das untergelegte Schreibpapier nach dieser Behandlung Fettflecke, so ist das Pergamentpapier nicht fettdicht.

Bei zahlreichen Vergleichsversuchen, die Dr. Bartsch im Materialprüfungsamte an 40 Pergamentpapieren unter Verwendung von Butter, Schmalz und Speck ausgeführt hat,[1]) hat sich die Zuverlässigkeit der Terpentinölprobe erwiesen.

[1]) Dr. Bartsch, Fettdichtigkeit von Pergamentpapier. Mitt. 1904 S. 290.

Nachweis von freiem Chlor und freier Säure.

Papiere, die freies Chlor und freie Säure enthalten, gehören zu den Seltenheiten.[1]) Die ganzen Verhältnisse, unter denen das Papierblatt entsteht, machen schon das Hineingelangen von Chlor und Säure in das Papier außerordentlich schwierig. Überschüssiges Chlor aus dem Halbstoff wird durch Hinzufügen von Entchlorungsmitteln und durch die großen Wassermengen, mit denen die Faser in Berührung kommt, unschädlich gemacht. Die in dem Stoff etwa vorhandene Säure, sei sie nun beim Bleichen direkt zugesetzt oder durch den Alaun oder Sulfitzellstoff hineingelangt, wird teils gebunden, teils durch den Waschprozeß entfernt.

Findet man daher ab und zu ein Papier, in dem man freies Chlor und freie Säure nachweisen kann, so dürfte deren Anwesenheit auf besondere Umstände bei der Fabrikation zurückzuführen sein. So kann ein Papier, wenn beim Bleichen Chlorkalkschlamm in den Stoff gelangt ist, Chlorkalkreste enthalten und noch eine Zeitlang die Chlorreaktion geben.

Der Nachweis des freien Chlors im Papier geschieht in ähnlicher Weise wie bei Prüfung des Halbzeuges; man nimmt hierbei bekanntlich eine geringe Menge des zu prüfenden Stoffes aus dem Holländer, preßt mit der Hand aus und läßt wenige Tropfen einer Kaliumjodidstärkelösung darauf fallen; ist noch freies Chlor vorhanden, so färbt sich das Halbzeug infolge der Bildung von Jodstärke mehr oder weniger blau.

Bei der Prüfung des fertigen Papiers verfährt man am besten in der Weise, daß man es in Stücke zerschneidet, diese durch destilliertes Wasser zieht und sie dann abwechselnd mit Kaliumjodidstärkepapier übereinanderschichtet; das Ganze beschwert man mit einer Glasplatte.

---

[1]) Bei der Untersuchung der Normalpapiere sind zurzeit der Gültigkeit der ersten „Grundsätze für amtliche Papierprüfungen" sehr zahlreiche Prüfungen auf das Vorhandensein freier Säuren ausgeführt worden, alle mit negativem Erfolg. — Kollmann hat neuerdings bei der Untersuchung von 200 Papieren keine freie Säure nachweisen können. (Zentralblatt f. d. österr.-ung. Papierindustrie 1907 S. 261.)

Das Wasser zieht etwa vorhandenes Chlor allmählich aus, das Chlorwasser wirkt auf das Reagenspapier und erzeugt mehr oder weniger blaue Streifen und Flecken.

Das Kaliumjodidstärkepapier stellt man sich her, indem man gewöhnliche Stärke mit kaltem Wasser zu einem Brei anrührt und diesen unter Umrühren in siedendes Wasser gießt, in welchem man eine geringe Menge Jodkalium aufgelöst hat; durch die erkaltete Lösung zieht man Filtrierpapier.

Wenn es so ziemlich einfach ist, sich von dem Vorhandensein freien Chlors zu überzeugen, so ist der Nachweis freier Säure schwieriger. Eine möglichst große Menge des zerkleinerten Papiers übergießt man in einem Becherglase mit einer möglichst geringen Menge destillierten Wassers; das Ganze erwärmt man etwa eine Stunde lang mäßig, wobei häufiges Umrühren der Masse von Vorteil ist. Man darf dann wohl mit Sicherheit annehmen, daß der weitaus größte Teil aller im Papier enthaltenen, durch Wasser ausziehbaren Stoffe, also auch die freie Säure, in Lösung gegangen ist; die letzten Reste von Säure werden allerdings vom Papier außerordentlich hartnäckig zurückgehalten. Man gießt den Auszug ab und arbeitet nun bei der weiteren Untersuchung allein mit diesem. Dasjenige Mittel, dessen man sich in der Chemie gewöhnlich zum Nachweis freier Säure bedient, das blaue Lackmuspapier, läßt sich im vorliegenden Falle nicht anwenden, da in dem Auszug in den meisten Fällen Tonerdesalze vorhanden sind, welche blaues Lackmuspapier ebenfalls rot färben.

Ein Farbstoff, der nicht durch Tonerdesalze, wohl aber durch freie Säure verändert wird, ist das Kongorot, und dieses kann man im vorliegenden Falle verwenden. Man bringt in einen Teil des erhaltenen Auszuges ein Stück Kongopapier,[1]) das sich dann bei Gegenwart freier Säure mehr oder weniger rein blau färbt. Eine dunkelviolette Färbung kann auch von Alaun herrühren. Man kann auch so vorgehen, daß man eine schwache Kongorotlösung auf das Papier gießt und beobachtet, ob der Farbton rein rot bleibt.

Die Empfindlichkeit des Kongofarbstoffes ist erheblich geringer als die des Lackmus, und man wird sich nicht immer mit der Kongoreaktion zufriedengeben können. In solchen Fällen wird der wässerige Auszug aus dem Papier mit Normalkalilauge unter Anwendung von Tropäolin als Indikator titriert.

Für den Nachweis freier schwefliger Säure im Papier hat Stockmeier vorgeschlagen, 50 g Papier in einem Destillationsapparat mit Wasser zu kochen, das Destillat in Jod-Jodkaliumlösung

[1]) Hergestellt durch Eintauchen von Filtrierpapier in eine kochende Lösung von wenig Kongorot in Wasser.

zu leiten und die entstandene Schwefelsäure mit Bariumchlorid zu fällen.

Pergamentpapiere, die säurehaltig sind, gehören nicht zu den Seltenheiten. Dem Materialprüfungsamte sind wiederholt derartige Papiere vorgelegt worden, die infolge ihres Gehaltes an freier Schwefelsäure auf dem Lager so mürbe und brüchig wurden, daß sie nicht mehr zusammengefaltet werden konnten. Bei dem geringsten Versuche, sie zu biegen, brachen sie durch.

Begießt man derartige Papiere mit Kongorot, so schlägt die Farbe sofort in Blau um. Die Mengen Säure, berechnet als wasserfreie Schwefelsäure (H_2SO_4), die bei dem Titrieren des wässerigen Auszuges derartiger Papiere gefunden wurden, schwankten von 0,17 bis 0,57 %.

Gut ausgewaschene Pergamentpapiere sollen höchstens Spuren freier Säure enthalten.

Metallschädliche Bestandteile.

Von den Papieren, welche zum Umhüllen von Metallen Verwendung finden, also zum Verpacken von Nähnadeln, Messern, Blattmetallen usw., verlangt der Verbraucher mit Recht, daß sie frei von Stoffen sind, die das in Frage kommende Metall angreifen. Von diesem Gesichtspunkt ausgehend, wird bei Bestellung derartiger Papiere dem Fabrikanten gewöhnlich vorgeschrieben, das Papier „chlor- und säurefrei“ zu liefern. Mit dieser Bestimmung im Vertrage glaubt der Bezieher alles getan zu haben, um seine Metallwaren gegen schädliche Einflüsse durch das Papier geschützt zu wissen. Es herrscht eben weit verbreitet die Ansicht, daß Papier, welches frei von Chlor und Säure ist, sich ohne weiteres zum Einschlagen jedweder Metallwaren eignet. Obwohl schon wiederholt, so insbesondere von Dr. Stockmeier in Nürnberg, der auf diesem Gebiete besonders erfahren ist, auf das Irrtümliche dieser Auffassung hingewiesen worden ist,[1]) taucht sie immer wieder auf. Beschwerden über Korrosion von Metallen durch chlor- und säurehaltige Papiere kehren immer wieder.

Zu fest scheint die Annahme gewurzelt, daß es bei der Beurteilung eines Papiers zu dem erwähnten Zweck lediglich darauf ankommt, zu wissen, ob es „chlor- und säurefrei“ ist.

Gemeint ist hiermit natürlich freies Chlor und freie Säure, denn Chlor und Säure in gebundenem Zustand sind in jedem Papier vorhanden.

Der Lieferant eines Papiers, das zum Umhüllen von Metallwaren bestimmt ist, kann die Bedingung „chlor- und säurefrei“

---

[1]) Dr. H. Stockmeier, Nähnadel-Verpackung. Papier-Zeitung 1893 Nr. 84.

leicht eingehen,[1]) denn selbst wenn ein Papier unmittelbar nach der Herstellung Spuren von freiem Chlor und freier Säure enthalten sollte, nach kurzer Zeit werden beide in den gebundenen Zustand übergeführt sein; daher wird die Prüfung auf freies Chlor und freie Säure wohl meist zu einem negativen Ergebnis führen. Auf dieses Ergebnis fußt dann der Verbraucher, hält das Papier für geeignet und ist erstaunt, wenn es dennoch Metallgegenstände angreift.

Es erscheint daher angebracht, auch an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß die Ursache der Einwirkung auf Metalle ganz verschiedenartig sein kann, und daß die Gewährleistung für die Güte des Papiers von einem anderen Gesichtspunkte aus gefordert und gegeben werden sollte, als es jetzt meist geschieht.

Wird Blattsilber von dem zum Verpacken benutzten Papier angegriffen, so werden meist Schwefel oder Schwefelverbindungen, die durch Zellstoffe oder Antichlormittel in das Papier kommen können, die Ursache sein; dasselbe Papier, zum Umhüllen blanker Stahlwaren benutzt, könnte sich vorzüglich bewähren, weil eine Einwirkung von Schwefel oder Sulfiden auf Stahl nicht so leicht vorkommen dürfte. Enthält ein Papier gleichzeitig Chloride und Alaun, so sind, worauf Dr. Wurster schon 1888 in der Papier-Zeitung hingewiesen hat, bei feuchter Luft die Bedingungen für die Bildung von Salzsäure gegeben; in einem solchen Papier würden Stahlwaren Rost ansetzen, und Dr. Stockmeier hat einzelne solcher Fälle in der „Papier-Zeitung“ 1893 S. 2584 bekanntgegeben und durch Analysenergebnisse belegt. Beim Verpacken von Blattsilber in einem solchen Papier hätte man schädliche Einflüsse viel weniger zu befürchten.

Man wird also gut tun, dem Fabrikanten bei Bestellung von Papieren zum Umhüllen von Metallen anzugeben, um welche Metalle es sich handelt; er kann dann bei der Herstellung auf diejenigen Verbindungen besonders Rücksicht nehmen, die dem Metall schädlich werden können. Die Verbraucher solcher Papiere sollten sich aber die Frage vorlegen, ob die Papiersorten, die man infolge jahrelanger Gewohnheit zum Verpacken von Metallen verwendet, für diesen Zweck auch besonders geeignet sind. So kommen Stahlnadeln fast ausschließlich in dem bekannten schwarzen Nadelpapier verpackt zum Verkauf; der Käufer ist an diese Verpackung gewöhnt, der Verkäufer ist daher bestrebt, sie beizubehalten, hält sie auch wohl für besonders geeignet. Dies scheint aber nicht der Fall zu sein. Bei einer Reihe von Vergleichsversuchen über das Verhalten blank polierter Stahlwaren in schwarzem Nadelpapier

[1]) Namentlich wenn, wie dies sehr oft der Fall ist, die Papiere ausschließlich aus ungebleichtem Natronzellstoff hergestellt wurden.

einerseits und gewöhnlichem Schreib- und Filtrierpapier andererseits zeigte sich in den meisten Fällen, daß das Nadelpapier zum Verpacken am wenigsten geeignet war. Die bisher ausgeführten Versuche sind allerdings zu einem abschließenden Urteil nicht ausreichend; da sich die Erfahrungen aber stets in der gleichen Richtung bewegten, so läge es wohl im Interesse der Erzeuger und Verbraucher derartiger Papiere, wenn die Frage auf breiter Grundlage gründlich studiert würde.

Wie schon vorhin erwähnt, gehören Alaun und Chloride zu denjenigen Stoffen, die unter Umständen Stahlwaren angreifen können; man sollte also bei der Herstellung von Nadelpapier hinsichtlich der Verwendung von Alaun sehr vorsichtig sein und außerdem nur ungebleichte Stoffe verarbeiten; auch das Färben sollte unterbleiben, wenigstens die jetzt übliche Färbung mit Blauholz, bei der die Fasern vorher gebeizt werden. Von der Beize bleibt ein Teil im Stoff zurück, der unter geeigneten äußeren Bedingungen schädlich wirken kann.

Gegenständen aus Silber, leonischen Fabrikaten usw. sind, wie schon erwähnt, Papiere, die Schwefel oder Schwefelverbindungen enthalten, besonders gefährlich; bei der Auswahl der Rohstoffe für die Erzeugung der Papiere sollte man hierauf gebührend Rücksicht nehmen. Schwefelhaltige Farbstoffe, wie z. B. Ultramarin, sollte man natürlich ganz ausschließen.

Die reine Faser greift Metalle nicht an; man sollte also dahin streben, Einschlagpapiere für Metalle lediglich aus reinem Fasermaterial herzustellen und alle sonstigen Zusätze nach Möglichkeit vermeiden oder doch, soweit es angeht, zu beschränken.

Die Prüfung von Papieren, die zum Umhüllen von Stahlwaren, Silber, leonischen Erzeugnissen usw. bestimmt sind, erfolgt nach dem Vorschlag von Dr. Stockmeier[1]) am besten auf empirischem Wege, da hier die chemische Analyse oft im Stich läßt. Unechtes Blattgold, Blattsilber, Stahlplatten o. a., je nach der Art des zu umhüllenden Gegenstandes, werden abwechselnd mit dem zu prüfenden Papier geschichtet und längere Zeit (24—48 Stunden) in feuchter Luft bei etwa 50° C aufbewahrt. Zeigen die Metalle nach dieser Zeit keine Veränderung, so kann man die Papiere technisch als frei von Stoffen ansehen, die das in Frage kommende Metall angreifen. Um sicher zu sein, daß bei einer Veränderung der Metalle nicht äußere Einflüsse mitgewirkt haben, setzt man gleichzeitig einen blinden Versuch unter Verwendung von reinem Filtrierpapier an.

[1]) Papier-Zeitung 1892 Nr. 89.

Vergilbung.

Als Vergilbung bezeichnet man die Änderung des Farbtones eines Papiers beim Lagern; sie ist in mehr oder minder hohem Maße und in mehr oder weniger langen Zeiträumen bei allen Papieren zu beobachten[1]) und ist vorzugsweise auf die Einwirkung von Licht, Luft und Wärme zurückzuführen. Am schnellsten geht die Vergilbung bei Einwirkung von Licht oder Wärme vonstatten; werden diese beiden Faktoren ausgeschlossen, wird das Papier also unter Abschluß von Licht in ungeheizten Räumen aufbewahrt, so hält es sich lange unverändert.

Am leichtesten vergilben, wie bekannt, Papiere mit verholzten Fasern, also in erster Linie holzschliffhaltige Erzeugnisse; bei diesen bemerkt man schon, wenn sie nur kurze Zeit von der Sonne beschienen wurden, den Beginn der Vergilbung. Je mehr verholzte Fasern sie enthalten, um so stärker vergilben sie. Das gleiche Verhalten zeigen Papiere, die mit Farbstoffen getönt sind, die nicht lichtecht sind.

Aber auch holzfreie Papiere, ohne Zusatz derartiger Farben hergestellt, vergilben oft ziemlich stark.

Der einwandfreieste Weg, sich ein Urteil über die Vergilbungsneigung von Papier zu bilden, ist der, es längere Zeit der Einwirkung des Sonnenlichtes auszusetzen, am besten im Vergleich mit Proben, deren Widerstandsfähigkeit man durch grundlegende Versuche vorher ermittelt hat. Da aber diese Versuche sehr zeitraubend sind, so kann man sie nur selten ausführen.

Einen Ersatz für die Sonnenwirkung kann man sich bis zu einem gewissen Grade durch Bestrahlung mit elektrischem Bogenlicht, das besonders viel chemische wirksame Strahlen enthält, schaffen. Im Materialprüfungsamt ist eine Einrichtung hierfür geschaffen, und sie hat sich, namentlich in den Jahreszeiten, in denen Sonnenlicht spärlich ist, bewährt.

Die Ursachen des Vergilbens holzfreier Papiere sind nach den Untersuchungen von Dr. Klemm vorzugsweise seifenartige Verbindungen des Eisens mit Harz- und Fettkörpern.

---

[1]) Vgl. Dr. P. Klemm, Über die Farbbeständigkeit der Papiere. Klimschs Jahrbuch 1901 S. 32.

Die Menge dieser Verbindungen gibt ein Maß für die Beurteilung der Vergilbungsneigung.

Als bestes Mittel, diese Seifen aus dem Papier herauszulösen, empfiehlt Klemm eine Mischung von zwei Teilen Äther und einem Teil Alkohol.[1])

Mit diesen Anhaltspunkten ist der Weg zur Ermittelung der Vergilbungsneigung eines Papiers gegeben.

Aus einer abgewogenen Menge Papier (3 g) werden die Eisenseifen in einem Extraktionsapparat (z. B. Thorn, Soxhlet) mit Hilfe des Äther-Alkoholgemisches ausgezogen, und dann wird der Gehalt an Eisen bestimmt. Hierzu wird der Auszug zur Trockene verdampft, geglüht und der Rückstand mit Salpetersäure aufgenommen.

Für die Eisenbestimmung leistet in den meisten Fällen das auf Farbvergleich beruhende Verfahren mit Hilfe von Rhodanammonium und einer titrierten Lösung von Eisenchlorid oder Ammoniakeisenalaun in der von Lunge und v. Kéler[2]) ausgearbeiteten Form gute Dienste. Es erlaubt die Bestimmung auf eine Genauigkeit von $\pm$0,000001 g Eisen, wenn 5 ccm des Auszuges zur Untersuchung benutzt werden. Die Gesamtmenge des vorhandenen Eisens darf aber nicht mehr als 0,00002 g betragen. Ist mehr Eisen vorhanden, und hat man den Auszug zunächst so hergestellt, daß 5 ccm 1 g Papier entsprechen, so muß man entweder den Auszug entsprechend verdünnen oder aber das Eisen in anderer Weise bestimmen.

Der in Form von Eisenseifen in Papieren vorhandene Gehalt an Eisen schwankt nach den bisherigen Erfahrungen zwischen 0,0002 g und 0,01 g in 100 g Papier oder 0,2 g bis 10 g in 100 kg Papier.

Nach Klemms Angaben hat die Firma Schopper-Leipzig, einen Eisenkolorimeter in 20 Farbabstufungen hergestellt, durch dessen Benutzung man sich die Titration der Eisenlösung ersparen kann.

In einfacher, wenn auch nicht so einwandfreier Weise, kann man den Versuch ausführen, wenn man die Eisenseifen mit Natronlauge auszieht. Hierbei treten vielfach Zersetzungen ein, und man wird daher dieses Verfahren nur wählen, wenn es sich um eine möglichst schnelle Orientierung und annähernde Schätzung handelt.

---

[1]) Papier-Zeitung 1902 S. 961. Wochenblatt für Papierfabrikation 1902 S. 810.

[2]) Zeitschrift für angewandte Chemie 1906 S. 3 und Lunge, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, Bd. I, S. 325.

Man kocht 1 g Papier im Reagensglas mit 5 ccm einer einprozentigen alkoholischen Natronlauge aus, gießt die mehr oder weniger stark gelb gefärbte Flüssigkeit, welche nunmehr die organischen Eisenverbindungen enthält, in ein anderes, zuvor mit Salzsäure sorgfältig gereinigtes Glas und fügt Salpetersäure bis zur deutlich sauren Reaktion hinzu; dabei fällt das zur Leimung verwendete Harz aus. Hierauf versetzt man die Lösung mit ungefähr 2 ccm einer zehnprozentigen Rhodanammoniumlösung, wodurch sie sich bei Gegenwart von Eisen mehr oder weniger rot färbt. Zum Schluß setzt man noch 4 ccm Äther hinzu und schüttelt tüchtig durch.

Der sich an der Oberfläche ansammelnde Äther nimmt den roten Farbstoff auf und zeigt nun eine der Farbabstufungen von blaßrot bis blutrot. Je dunkler die Farbe, um so mehr ist das Papier des Vergilbens fähig.

Klemm hat nach seinem Verfahren eine große Anzahl holzfreier Papiere geprüft und sie gleichzeitig der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt. Hierbei zeigte sich, daß sie durch die infolge der Belichtung erzielte Farbänderung einerseits und durch die Eisenreaktion andererseits in gleicher Weise abgestuft wurden.

Man hat also in dem Verfahren ein Mittel, sich durch einen verhältnismäßig einfachen Versuch ein Bild von dem voraussichtlichen Vergilben des Papiers zu machen.

Saugfähigkeit von Löschpapier.

Diejenige Eigenschaft der Löschpapiere, auf die es bei Beurteilung ihrer Brauchbarkeit in erster Linie ankommt, ist die Saugfähigkeit, also die Fähigkeit, Flüssigkeiten, insbesondere Tinte, aufzusaugen. Als Maß für diese Eigenschaft hat man fast allgemein die Höhe angenommen, bis zu welcher Wasser in zehn Minuten in dem senkrecht aufgehängten und in Wasser tauchenden Papier aufsteigt.

Zur Bestimmung der Saugfähigkeit bedient man sich zweckmäßig eines von Winkler vorgeschlagenen Apparates, dessen Bau aus Fig. 83 zu ersehen ist.

An dem in vertikaler Richtung verschiebbaren und in jeder Lage durch eine Schraube festzulegenden Querbalken befinden sich vier Maßstäbe mit Millimeterteilung und daneben vier Klemmen zum Festhalten des zu prüfenden Papiers. In dem unteren Teil des Gestelles befindet sich eine Schale aus Zinkblech, in die so viel Wasser gegossen wird, daß die Maßstäbe beim tiefsten Stand des Querbalkens die Oberfläche eben berühren.

Zum Versuch entnimmt man Streifen von etwa 15 mm Breite (die Breite der Streifen ist ohne Einfluß auf das Ergebnis) und 180 mm Länge, je 5 aus der Maschinen- und Querrichtung. Diese bringt man bei hochgehobenem Querbalken in die Klemme, wie es Fig. 83 zeigt, so daß sie neben den Maßstäben, und von diesen 1—2 mm entfernt, herunterhängen. Die untere Kante der Streifen muß die Maßstäbe um 5—10 mm überragen. Bringt man nun den Querbalken in seine tiefste Lage, so tauchen sämtliche Streifen in Wasser, und letzteres steigt im Papier auf, zuerst schneller, dann immer langsamer. Die Schnelligkeit des Aufsteigens hängt von der Saugfähigkeit des Papiers ab. Als Maß für die Beurteilung hat sich die Saughöhe nach zehn Minuten allgemein eingebürgert.

Da die Saughöhe in der Maschinenrichtung meist etwas größer ist als in der Querrichtung, so prüft man fünf Streifen jeder Richtung und bildet aus den abgelesenen zehn Werten das Mittel.

Die Saughöhen der im Handel vorkommenden Löschpapiere sind sehr verschieden; die schlechtesten, wie man sie namentlich in Schulheften vorfindet, zeigen Saughöhen herunter bis zu 15 mm.

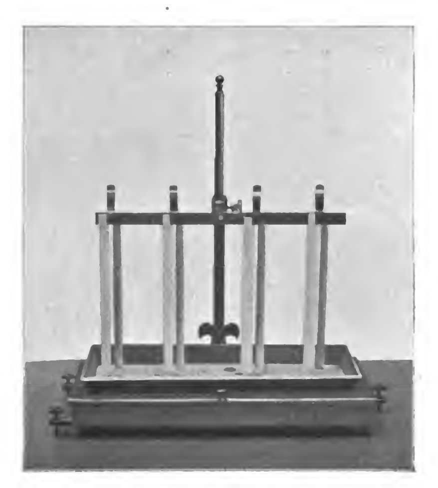


Fig. 83.
Winklers Löschpapierprüfer.

Bei mittlerer Handelsware findet man Saughöhen von etwa 40—60 mm, bei den besten Erzeugnissen solche von über 100 mm herauf bis 150 mm und mehr.

Bei 205 auf Saughöhe geprüften Löschpapieren ergaben sich die nachstehend in Gruppen geordneten Werte.

	Saughöhe nach 10 Minuten in mm															
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	101—110	111—120	121—130	131—140	141—150	151—160
Anzahl der Papiere	—	4	27	47	15	17	18	29	15	15	18	3	1	2	2	1
Prozent (rund) . .	—	2	13	22	7	8	8	14	7	7	8	1	0,5	1	1	0,5

Dr. Klemm[1]) hat für die Abstufung der Löschpapiere nach ihrer Saughöhe folgende Einteilung in Vorschlag gebracht, die sich nach jahrelangen Erfahrungen als zweckmäßig erwiesen hat.

Weniger als 20 mm . . .	ungenügend
20—40 mm	schwach
41—60 „	mittel
61—90 „	groß
mehr als 90 mm	sehr groß.

Man kann darüber streiten, ob es zweckmäßig war, die Saughöhe nach zehn Minuten als Maß zu wählen, da ja bei der Benutzung von Löschpapier zum Abdrücken von Tintenschrift für das Aufsaugen nur eine ganz kurze, Bruchteile einer Sekunde betragende Zeit in Frage kommt;[2]) mit dieser geringen Zeit könnte man natürlich bei den Versuchen nicht rechnen, weil dann die Ablesungen zu ungenau würden; selbst bei einer Versuchszeit von mehreren Sekunden würde die Ablesung noch mit erheblichen Fehlern behaftet sein. Da sich aber, wie gesagt, die Saughöhe nach zehn Minuten allgemein eingeführt und die Beurteilung hiernach gut bewährt hat, so liegt zurzeit kein schwerwiegender Grund vor, die Prüfung durch wesentliches Heruntergehen in der Zeit zu erschweren. Die Erfahrung hat aber doch schon gezeigt, daß nicht bei allen Löschpapieren, die nach zehn Minuten annähernd gleiche Werte liefern, auch in den ersten Sekunden das Wasser gleich schnell aufsteigt; es zeigen sich zuweilen beim ersten Eindringen des Wassers deutliche Unterschiede, die sich dann später wieder ausgleichen.

Ein zweiter Vorschlag zur Bestimmung des Saugvermögens von Löschpapier rührt von Favier[3]) her. Nach diesem wird die Wasseraufnahmefähigkeit von der Fläche aus bestimmt. Dem Papier wird unter Benutzung eines Mariotteschen Gefäßes Wasser unter stets gleichem Druck (5 mm Wassersäule) zugeführt, bis eine Fläche von 1 qdm durchdrungen ist. Die Sauggeschwindigkeit (S) wird dann berechnet nach der Formel

$$S = \frac{M}{Z}$$

M = Menge des von 1 qdm aufgenommenen Wassers, abgelesen an der Mariotteschen Röhre, Z = Zeit des Durchdringens von 1 qdm Papier.

---

[1]) Handbuch der Papierkunde 1904 S. 286 und Papier-Industriekalender.

[2]) Auf diesen Umstand ist schon in der Papier-Zeitung Nr. 73 vom Jahre 1904 von einem ungenannten Verfasser eingehend hingewiesen.

[3]) La Papéterie 1894.

Das Verfahren hat in dieser Form so viel Mängel, daß es als ungeeignet für den vorgeschlagenen Zweck bezeichnet werden muß.[1])

Einen neuen Vorschlag zur Beurteilung der Löschfähigkeit von Papier, der die Saughöhenbestimmung ergänzen soll, haben Beadle und Stevens[2]) gemacht. Er bezweckt, festzustellen, wie sich Löschpapier bei wiederholtem Ablöschen von Tinte verhält. Nach jedesmaligem Ablöschen nimmt das Papier etwas von den festen Bestandteilen der Tinte auf, die getroffenen Stellen werden bei

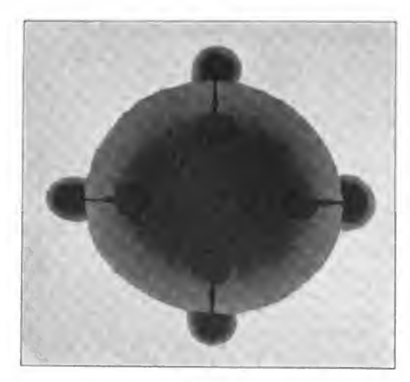


Fig. 84.

weiterem Ablöschen weniger saugen als vorher, und allmählich wird es so weit kommen, daß die Schrift ausgedrückt wird. Für das Verhalten des Papiers bei wiederholtem Ablöschen ein Maß zu geben, bezweckt das Verfahren der englischen Forscher, die durch folgende Beobachtung zu ihrem Verfahren gekommen sind.

Läßt man auf Löschpapier einen Tintenklecks eintrocknen und zieht dann quer über den Rand weg Tintenstriche, so wird die Tinte des Striches in der Mitte des Kleckses noch gut aufgesaugt, am Rande des Kleckses aber nicht mehr (Fig. 84). In einer ge-

[1]) Eingehend sind diese Mängel in den „Mitteilungen" 1896 S. 49—50 besprochen.

[2]) Paper and Pulp 1904, Papier-Zeitung 1904 Nr. 104, Wochenblatt für Papierfabrikation 1905 Nr. 3.

wissen Randzone also, die bei verschiedenen Papieren verschieden groß ist, hat das Papier die Fähigkeit, Tinte aufzusaugen, verloren. Je breiter diese Randzone ist, um so weniger wird das Papier für wiederholtes Ablöschen geeignet sein. Als Maß schlagen Beadle und Stevens die Breite dieser nicht löschenden Randzone bei einem Kleckse vor, der durch Aufbringen von 1 ccm Tinte auf das Löschpapier erzeugt worden ist; ausgedrückt wird die Zonenbreite in Prozenten, bezogen auf den Durchmesser des Kleckses. Bei

Ergebnisse der Prüfung von 14 Löschpapieren auf Saughöhe und Randzone.[1])

Laufende Nummer	Quadratmetergewicht	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt	Mittlere Saughöhe nach 10 Minuten	Alizarintinte (Leonhardi)			Eisengallustinte (Leonhardi)		
					Durchmesser des Kleckses	Breite der Randzone		Durchmesser des Kleckses	Breite der Randzone	
	g		%	mm	mm	mm	%	mm	mm	%
1	141	Laubholzzellstoff, Zusatz Baumwolle	3,0	202	70	16	23	66	13	20
2	175	Laubholzzellstoff, geringe Mengen Baumwolle	1,3	195	63	7	11	58	8	14
3	178	Laubholzzellstoff	1,0	189	87	13	15	79	10	13
4	119	Baumwolle, geringe Mengen Leinen	1,0	132	100	7	7	83	6	7
5	113	Baumwolle, geringe Mengen Leinen	0,8	121	94	8	8	97	10	10
6	142	Baumwolle, Laubholzzellstoff	3,0	90	105	15	14	88	11	13
7	137	Holzzellstoff (Nadelholz)	0,8	89	92	12	13	94	10	11
8	58	Baumwolle, Leinen	0,8	85	104	6	6	110	11	10
9	78	Baumwolle	2,8	68	114	1	1	114	11	10
10	67	Baumwolle, Leinen	0,8	59	120	12	10	99	12	12
11	143	Laub- und ger. Mengen Nadelholzzellstoff	0,5	52	94	12	12	91	12	13
12	64	Baumwolle, Zusatz Leinen	3,0	44	118	1	1	113	11	10
13	86	Baumwolle, ger. Mengen Leinen	12,8	34	107	1	1	103	10	10
14	157	Baumwolle, ger. Mengen Leinen	1,0	31	90	11	12	83	11	13

[1]) Sämtliche Werte auf Ganze abgerundet.

ihren Versuchen ermittelten die genannten Forscher Klecksdurchmesser von 76—90 mm und nicht löschende Randzonen von 1,7 bis 10%.[1])

Nach der Größe der Randzone beurteilt, wären also die Löschpapiere mit kleiner Zone am längsten gebrauchsfähig, die mit großer Randzone weniger. Nun hat sich aber bei vergleichenden Versuchen im Materialprüfungsamte gezeigt, daß man vielfach bei besonders saugfähigen Papieren große und bei schlecht saugenden Papieren kleine Randzonen beobachtet, wie vorstehende Tabelle zeigt. Die größte Randzone hat das Papier mit der größten Saugfähigkeit (Nr. 1).

Man würde also nach der Randzone die Löschpapiere meist in umgekehrter Reihenfolge wie jetzt bewerten; die mit hoher Saughöhe würden vielfach die schlechteren sein, die mit geringer Saughöhe die besseren. Es fragt sich nun, welche Bewertung ist die richtige? Zweifelsohne die nach der Saughöhe, denn in erster Linie kommt es darauf an, daß die Tinte schnell und vollkommen vom Löschpapier aufgenommen wird, und das geschieht um so mehr, je höher die Saughöhe ist. Die Frage der Benutzungsdauer des Papiers, die praktisch gewiß auch von Bedeutung ist, kommt erst in zweiter Linie.

Wie die Tabelle zeigt und wie auch von vornherein zu erwarten war, geben verschiedene Tinten bei demselben Papier verschieden große Randzonen, und die Unterschiede sind teilweise (vgl. Nr. 9, 12, 13) recht erheblich.

Bei vier verschiedenen in einer Berliner Papierhandlung aufgekauften Tinten ergaben sich bei Verwendung desselben guten Löschpapiers (Saughöhe 115 mm) folgende Werte.

Eisengallustinte	9%	Randzone
Reichstinte	10 „	„
Hohenzollerntinte	20 „	„
Pelikantinte	20 „	„

Man müßte also, um zu vergleichbaren Werten zu gelangen, stets mit einer Tinte von bestimmter Zusammensetzung prüfen.

Das Beadle-Stevenssche Verfahren kann somit zweckmäßig nur in der Weise zur Anwendung gelangen, daß man bei einem gegebenen Löschpapier, das in bezug auf Saughöhe den zu stellenden Ansprüchen genügt, eine Tintensorte auswählt, die eine möglichst kleine Randzone liefert.

---

[1]) Bei den gleich noch zu besprechenden im Materialprüfungsamte ausgeführten Prüfungen ergaben sich Klecksdurchmesser von 58—120 mm und Randzonen von 1—23%.

Als Ursache der Entstehung der nicht löschenden Randzone haben Beadle und Stevens in erster Linie die im Papier vorhandenen Kalksalze angegeben.

Diese Ansicht dürfte nicht zutreffen, denn dann müßten ja unsere besten Löschpapiere, beurteilt nach der Saughöhe, auch den größten Kalkgehalt aufweisen, eine Annahme, die man wohl auch ohne Analyse als nicht richtig ansprechen kann. Vermutlich wird die Größe der Randzone in erster Linie von der Menge der in der Tinte befindlichen festen Bestandteile abhängen. Hierdurch allein werden aber die aus der Tabelle hervorgehenden auffallenden Erscheinungen (die Randzone ist nicht durchweg bei einer Tinte größer als bei anderen, die Unterschiede sind verschieden groß) noch nicht erklärt. Es muß weiteren Forschungen vorbehalten bleiben, hier Klarheit zu schaffen.

Abgesehen von äußeren Eigenschaften, hat man bisher an Löschpapiere andere Anforderungen als solche auf Saugfähigkeit nicht gestellt; man hat z. B. weder besonderen Wert auf ein Mindestmaß an Festigkeit, noch auf bestimmte Stoffzusammensetzung o. a. gelegt, und so ist es denn gekommen, daß bei dem Bestreben, immer bessere Löschpapiere zu machen, nur die Erlangung möglichst großer Saughöhe das Ziel war. In dieser Hinsicht sind denn auch in den letzten Jahren recht hübsche Erfolge erzielt worden. Bei den im Materialprüfungsamte zur Prüfung vorgelegten Proben haben die höchsten Werte

ein österreichisches Erzeugnis mit 189 mm Saughöhe,
„ deutsches „ „ 199 „ „
„ „ „ „ 202 „ „

erreicht.

Dies sind gewiß Leistungen, denen man seine Anerkennung nicht versagen kann, aber es hat sich auch gezeigt, daß die praktische Verwendbarkeit derartiger Papiere für gewöhnliche Löschzwecke wegen ihrer überaus geringen Festigkeit und des losen Zusammenhanges des Fasermaterials sehr begrenzt ist.

Von einem brauchbaren Löschblatt muß man außer guter Saugfähigkeit auch gewisse Festigkeit verlangen, damit man die gute Löschfähigkeit praktisch ausnutzen kann; es darf daher nicht übermäßig leicht einreißen und abbrechen und muß ferner so viel Zusammenhang besitzen, daß es nicht abfasert.

Praktische Versuche mit den drei oben erwähnten Papieren haben gezeigt, daß sie diesen Ansprüchen nicht genügen. Ihre Festigkeit ist so gering, daß die Blätter schon nach kurzem Gebrauch einreißen und zerbrechen. Das Papierblatt, auf dem mit diesen Blättern abgelöscht wird, zeigt nach dem Abdrücken der

Schrift meist Fasern, die dann beim Weiterschreiben die Feder verschmutzen.

Diese unangenehmen Erscheinungen sind die Folge des Arbeitens nach so hohen Saughöhen und sie zeigen, daß es notwendig ist, sich in dieser Hinsicht Beschränkungen aufzuerlegen. Nicht die ausschließliche Steigerung der Saughöhe, unbekümmert um andere für den praktischen Gebrauch wichtige Eigenschaften, muß das Ziel der Löschpapierfabrikation sein, sondern bei hoher, allen berechtigten Anforderungen entsprechender Saughöhe, die Erzielung genügend hoher Festigkeit des Blattes und möglichst innigen Zusammenhanges der Fasern. Daß diese Eigenschaften sich in ausreichendem Maße gleichzeitig erreichen lassen, wird später an einem Beispiel gezeigt werden.

Im allgemeinen wird bei den heutigen Erzeugnissen der Löschpapierindustrie mit zunehmender Saughöhe die Festigkeit abnehmen. Nachstehende Werte, die bei der Prüfung von 12 Löschpapieren auf Festigkeit und Saughöhe im Materialprüfungsamte ermittelt wurden, geben Beispiele hierfür.

Ergebnisse der Prüfung von 12 Löschpapieren auf Festigkeit und Saughöhe.

Laufende Nummer	Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %	Saughöhe nach 10 Minuten mm
1	275	1,1	199
2	300	1,2	202
3	325	0,5	189
4	525	0,7	132
5	550	1,0	131
6	625	1,2	85
7	725	0,6	52
8	825	0,6	68
9	1025	1,7	59
10	1350	0,9	44
11	1825	1,1	34
12	2250	2,2	89

Die Werte zeigen zunächst, daß bei der Mehrzahl der untersuchten Papiere die Saughöhe mit zunehmender Festigkeit abnimmt; sie zeigen ferner, daß sich das Papier Nr. 12 dem Verhalten der übrigen nicht anpaßt; bei einer Saughöhe von 89 mm hätte man nach der Ausgleichlinie die Reißlänge von etwa 700 m erwarten sollen; statt dessen zeigt es eine solche von 2250 m.

Das Papier machte den Eindruck eines kernigen, griffigen Packpapiers. Im praktischen Gebrauch hat es sich sehr gut bewährt; es nahm die Tinte leicht auf, und auch nach langer Verwendung, als es von beiden Seiten schon so oft benutzt war, daß nur noch wenig unbenutzte Stellen vorhanden waren, zeigte es keine Risse und Brüche und faserte nicht ab.

Es unterliegt nach den ausgeführten Versuchen keinem Zweifel, daß dieses Papier im praktischen Gebrauch, namentlich in Form von losen Blättern (für Schulhefte, Geschäftsbücher usw.), die Papiere mit der Saughöhe von rund 200 mm bei weitem übertrifft, und vielleicht veranlaßt dieses Beispiel unsere Löschpapierfabrikanten, ihr Augenmerk außer auf die Saughöhe auch auf die Festigkeit des Löschpapiers zu richten; bei genügender Festigkeit wird dann auch das Abfasern des Blattes von selbst verschwinden.

Bei Erzeugnissen, die nur für gewöhnliche Löschzwecke bestimmt sind, könnte man sich für die besten Sorten wohl mit 100 mm Saughöhe begnügen und dann das Streben nach weiteren Verbesserungen anderen Eigenschaften, insbesondere der Festigkeit, zuwenden. Man wird dann ein Material von erheblich größerer Lebensdauer erhalten als es die jetzigen Proben mit sehr großer Saughöhe aber sehr geringer Festigkeit darstellen.

In Verbraucherkreisen zeigt sich vielfach eine besondere Vorliebe für ausländische, namentlich englische Löschpapiere, die sachlich nicht begründet ist. Zahlreiche Versuche[1]) haben gezeigt, daß man nicht nach ausländischen Erzeugnissen zu greifen braucht, um einer großen Löschfähigkeit sicher zu sein; es gibt zur Genüge deutsche Fabrikate, die den höchsten in dieser Hinsicht zu stellenden Anforderungen genügen.

[1]) Mitteil. a. d. Königl. techn. Vers.-Anst. 1896 S. 46.

Filtrierpapier.

Bei der Beurteilung von Filtrierpapier spielt die Geschwindigkeit, mit der Flüssigkeiten durchlaufen, eine hervorragende Rolle; unter sonst gleichen Umständen wird ein Papier um so wertvoller sein, je schneller das Durchlaufen erfolgt. Diese Eigenschaft des Filtrierpapiers kann man zahlenmäßig zum Ausdruck bringen, indem man die Zeit bestimmt, die eine bestimmte Menge Wasser braucht, um unter einem bestimmten Druck durch eine bestimmte Fläche des Papiers hindurchzulaufen. Meist geht man so zu Werke, daß man Filter von bestimmter Größe in Trichter von bestimmtem Winkel legt und eine bestimmte Wassermenge auf das Filter bringt. Bei diesem Vorgehen sind aber die Versuchsbedingungen nicht immer die gleichen; die wirkende Fläche des Filters ist nicht immer gleich groß, der Wasserdruck schwankt, und außerdem kann das Ergebnis durch Nebenumstände (z. B. Saugwirkungen) beeinflußt werden.

Bei dem nachstehenden unter Zugrundelegung des Mariotteschen Prinzipes gebauten Apparate werden diese Fehlerquellen vermieden.

Beschreibung des Apparates.

Die Hauptteile und die Wirkungsweise des Apparates sind aus Fig. 85 zu ersehen.

Ein oben und unten offenes Glasrohr *G* ist unten in eine Messinghülse *M* eingekittet. Oben ist eine mit zwei Bohrungen versehene Messingklappe *N* luftdicht aufgebracht; durch die eine Öffnung geht ein Trichterrohr *T*, durch die andere ein mit einem Hahn *H* versehenes Glasrohr.

Das so durch das Glasrohr *G* gebildete Gefäß steht durch das mit einem Dreiwegehahn *D* versehene Rohr *R* mit dem aus Messing gefertigten Filtrierzylinder *F* in Verbindung; der obere abnehmbare und mit der Ablaufrinne *A* versehene Teil *E* des Zylinders kann durch Schrauben mit dem unteren Teil verbunden werden.

Zwischen *F* und *E* wird das zu prüfende Papier eingelegt; das aus *E* und durch die Ablaufrinne *A* ablaufende Wasser wird in dem Kolben *K* aufgefangen und gemessen.

Versuchsausführung.

Aus dem zu prüfenden Papier werden zunächst kreisrunde Stücke von etwa 5 cm Durchmesser, wenn möglich je eins aus zehn verschiedenen Bogen, entnommen. Man entfernt dann *E* von *F*, stellt *D* so, daß durch *R* kein Wasser abfließen kann, öffnet *H* und gießt durch *T* destilliertes, vor dem Gebrauch stark ausgekochtes Wasser von etwa 20° C in *G*; nach beendigter Füllung wird *H* wieder geschlossen.

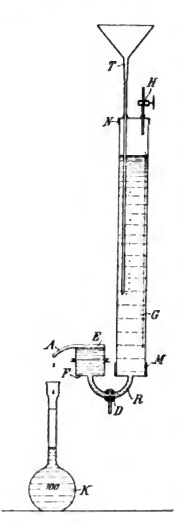


Fig. 85.
Herzbergs Filtrierpapierprüfer.

Dann wird *D* so gestellt, daß langsam Wasser in den unteren Teil des Filtrierzylinders tritt; ist dieser gefüllt, und zwar so weit, daß die Wasserkuppe über dem oberen Rand von *F* hervorragt, so stellt man den Wasserzufluß bei *D* ab und legt eins der zehn Blätter auf den abgeflachten Rand von *F*; hierauf wird *E* aufgesetzt, fest auf *F* geschraubt und dann durch Drehen von *D* die Verbindung von *G* mit *F* wieder hergestellt. Das Wasser dringt nun durch das Papier, füllt *E* und läuft durch *A* in den Kolben *K*. Man kann nun bestimmen, innerhalb welcher Zeit eine bestimmte Menge Wasser (z. B. 100 ccm) durch das Papier hindurchgeht.

Der Druck, unter dem das Ausfließen erfolgt, wird bedingt durch die Entfernung der unteren Öffnung des Trichters *T* von dem Wasserspiegel in *E*; durch Verschieben von *T* kann man also den Druck beliebig einstellen.

Im Materialprüfungsamt wird stets mit einer Druckhöhe von 50 mm gearbeitet; die Abmessungen des Filtrierzylinders sind so gewählt, daß bei dem Filtrierpapier eine wirksame Fläche von 10 qcm abgegrenzt wird. Die Durchlaufzeit von 100 ccm wird in Sekunden bestimmt; als Endergebnis wird diejenige Wassermenge angegeben, die in einer Minute bei einem Wasserdruck von 50 mm und einer Wasserwärme von 20° C durch 100 qcm Papier läuft.

Mit Hilfe des Filtrierapparates kann man auch die Festigkeit des Filtrierpapiers im nassen Zustande feststellen, indem man durch Höherziehen des Trichterrohres T den Wasserdruck so lange steigert, bis das eingespannte Papier durchreißt.

Um einen Überblick über die Filtriergeschwindigkeit der im Handel vorkommenden Filtrierpapiersorten für analytische Zwecke zu gewinnen, wurden 30 verschiedene Proben aufgekauft und in geschilderter Weise geprüft. Die in der Minute durchgelaufene Wassermenge schwankte von 23—760 ccm; die Verteilung innerhalb dieser Grenzen zeigt die nachfolgende Zusammenstellung.

0—100 ccm	101—200 ccm	201—300 ccm	301—400 ccm	401—500 ccm	501—600 ccm	601—700 ccm	701—800 ccm
4 Papiere	3 Papiere	7 Papiere	4 Papiere	3 Papiere	3 Papiere	4 Papiere	2 Papiere

Eine zweite wichtige Eigenschaft der Filtrierpapiere ist ihre Scheidungsfähigkeit; man versteht hierunter die Fähigkeit, feste in Flüssigkeiten schwimmende Körper, wie Niederschläge usw., beim Filtrieren mehr oder weniger vollkommen zurückzuhalten. Um sich in dieser Hinsicht ein Bild von der Brauchbarkeit eines Filtrierpapiers für chemische Arbeiten zu verschaffen, prüft man es zweckmäßig mit einem Baryumsulfatniederschlag in folgender Weise.

Gleiche Teile einer Baryumchloridlösung (122 g Salz in 1 Liter Wasser) und Kaliumsulfatlösung (87 g Salz in 1 Liter Wasser) werden einmal heiß und einmal kalt miteinander vermischt. Die heiße Fällung wird heiß, die kalte in kaltem Zustande filtriert. Aus dem zu prüfenden Papier wird ein Rundfilter von etwa 10 cm Durchmesser geschnitten, in gewöhnlicher Weise in den Trichter glatt eingelegt und mit Wasser angefeuchtet.

Papiere mit hervorragender Scheidungsfähigkeit ergeben selbst bei kalt gefälltem und kalt filtriertem Baryumsulfat klare Filtrate; andere lassen bei kalter Fällung die Flüssigkeit trübe durchlaufen, liefern aber bei heiß gefälltem und heiß filtriertem Niederschlag eine klare Lösung; noch andere zeigen in beiden Fällen trübe durchlaufende Flüssigkeiten.

Zu achten ist bei den Versuchen auf möglichst gleichmäßige Behandlung der Baryumniederschläge; durch starkes Schütteln z. B. kann sich der Niederschlag so verändern, daß er weniger stark durch das Filter geht als vorher.

Handelt es sich um Filtrierpapiere für gewerbliche Zwecke oder um solche des Haushaltes, so wird man naturgemäß bei der Prüfung den Verwendungszweck berücksichtigen und nicht etwa die Brauch-

barkeit eines Kaffeefiltrierpapiers nach seinem Verhalten zu einer Baryumsulfatfällung beurteilen.

Die Prüfung eines Filtrierpapiers auf Fettstoffe und Eisen geschieht in bekannter Weise durch Ausziehen mit Äther, bzw. durch Behandeln mit Kaliumeisencyanür (oder Untersuchung der Asche). Über die Art des zur Herstellung verwendeten Rohmaterials gibt die mikroskopische Untersuchung, über den Gehalt an unverbrennlichen Bestandteilen die Veraschung des Papiers Aufschluß.

Unterscheidung von natürlichen und künstlichen Wasserzeichen.

Unter Wasserzeichen versteht man bekanntlich diejenigen Zeichen, Buchstaben, Figuren usw. eines Papiers, welche im durchfallenden Licht heller[1]) erscheinen als die übrigen Teile des Blattes. Erzeugt werden sie meist durch Eindrücken der Zeichen in das Papier. Erfolgt dieses Eindrücken auf der Papiermaschine oder auf dem Schöpfsiebe in das noch nasse Papier, so erhält man das „natürliche" Wasserzeichen, erfolgt es in das fertige Papier, das „künstliche".

Der Fachmann wird zwar in den meisten Fällen ohne Schwierigkeiten erklären können, mit welcher Art Zeichen er es zu tun hat, aber auch dem Kundigen werden Fälle vorkommen, in denen er sich nicht mit Sicherheit entscheiden kann.

Ein einfaches Mittel zur Unterscheidung bietet die Behandlung des Papiers mit starker Natronlauge.[2])

Wenn man Papier mit natürlichem Wasserzeichen in solche Lauge bringt, so tritt das Wasserzeichen nach kurzer Zeit sehr viel deutlicher hervor und bleibt auch bei längerem Liegen des Papiers in der Lauge stets deutlich sichtbar; behandelt man in derselben Weise Papier mit künstlichem Wasserzeichen, so verschwindet dieses nach kurzer Zeit vollständig aus dem Papier.

Die Ursache des Verschwindens ist in dem Aufquellen der zusammengepreßten Fasern bei Berührung mit Lauge zu suchen; da wir es bei dem natürlichen Wasserzeichen mit einer dünneren, weniger Stoff als die benachbarten Teile enthaltenden Schicht zu tun haben, bei dem künstlichen aber nur mit einer zusammengepreßten, ebensoviel Stoff wie die benachbarten Teile aufweisenden, so ist hiermit die Erklärung der Erscheinung gegeben.

Die Ausführung des Versuches geschieht zweckmäßig in der Weise, daß man aus dem zu untersuchenden Papier etwa 3 cm breite Streifen, welche Teile des Wasserzeichens enthalten, entnimmt und diese in das Gefäß mit Lauge taucht.

---

[1]) In seltenen Fällen auch teilweise dunkler.

[2]) Eine Lauge aus 60 g Ätznatron in 200 g Wasser hat sich gut bewährt; ein bestimmter Konzentrationsgrad ist nicht erforderlich.

Lichtdurchlässigkeit.

Für die Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit (Transparenz) von Papier, deren Kenntnis von besonderem Wert ist bei Druckpapieren und solchen Papieren, bei denen es entweder auf besonders hohe (Pergamynpapiere) oder auf besonders geringe (Briefumschlagpapiere) Lichtdurchlässigkeit ankommt, hat Dr. Klemm einen Apparat konstruiert,[1]) der in Fig. 86 abgebildet ist.

Klemm ging bei der Ausarbeitung seines Verfahrens von der Erwägung aus, daß es möglich sein müßte, das Durchscheinen eines Papiers zahlenmäßig zum Ausdruck zu bringen, wenn es gelänge festzustellen, wie dick oder wie schwer ein gegebenes Papier sein müßte, damit Licht von bestimmter Stärke nicht mehr hindurchdringt. Dies gelingt mit seinem Apparate. Er besteht im wesentlichen aus einem Beobachtungsrohr und einem Beleuchtungsrohr, zwischen denen die Vorrichtung zur Aufnahme der Versuchsblättchen liegt. Als Lichtquelle dient eine Hefner-Alteneck-Amylazetatlampe von einer Normalkerzenstärke. Man legt nach und nach so viel Papierblättchen in die hierfür bestimmte Vorrichtung, daß das Licht der Lampe nicht mehr durchscheint.

Die Ausführung des Versuches geschieht nach Klemm in folgender Weise.

Nach dem Anzünden der Lampe ist die Flammenhöhe auf 4 cm zu regeln. Dies geschieht durch Visieren gegen die Kanten des Ausschnittes an dem Beleuchtungsrohr. Wenn die Spitze der Flamme eben mit den beim Visieren sich deckenden Kanten abschneidet, ist die richtige Flammenhöhe, die man von Zeit zu Zeit kontrollieren muß, erreicht. Zehn Minuten nach dem Einstellen der Flamme beginnt man mit dem Versuch.

Man zieht das Beobachtungsrohr mittels Zahn und Trieb zurück, so daß die aus zwei Haken bestehende Einlegevorrichtung an der von einem Fenster durchbrochenen, dem Licht zugekehrten Endplatte, frei liegt; darauf legt man nach und nach Abschnitte

---

[1]) Wochenblatt für Papierfabrikation 1903 S. 2108 und Klemms Papierkunde 1904 S. 288.

des zu prüfenden Papiers so lange ein, bis die Grenze der Lichtdurchlässigkeit erreicht ist.

Der Bruch mit dem Zähler 1 und der Anzahl der Blättchen als Nenner gibt den absoluten Durchlässigkeitswert an, nämlich denjenigen Teil des Lichtes, den ein einzelnes Blatt abblendet.

Zur Berechnung des relativen Durchlässigkeitswertes, den man auf das Quadratmetergewicht oder die Dicke beziehen kann, multipliziert man die bis zur Lichtundurchlässigkeit erforderliche Blattzahl mit dem Quadratmetergewicht (g) oder mit der Dicke (mm). Man erfährt dann, welches Quadratmetergewicht oder welche Dicke das Papier haben müßte, um für Licht von einer Kerzenstärke undurchlässig zu sein.

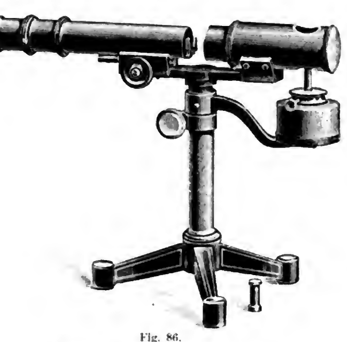


Fig. 86.
Klemms Lichtdurchlässigkeitsprüfer.

Bei sehr dünnen und lichtdurchlässigen Papieren kann nach den bisher vorliegenden Beobachtungen der absolute Lichtdurchlässigkeitswert bis auf $^1/_{66}$ herabgehen. Der Spielraum für die relativen Werte liegt, soweit bisher beobachtet, zwischen rund 300 bis 2300 g Quadratmetergewicht.

Zu bemerken ist noch, daß das Durchscheinen des Druckes bei bedruckten Papieren und der Schrift bei Schreibpapieren nicht allein von der Lichtdurchlässigkeit, sondern auch noch von dem Widerstand abhängt, den das Papier dem Eindringen der Druckfarbe und Tinte entgegensetzt.[1])

Im Anschluß hieran sei hier auf das Ergebnis einer Umfrage bei 25 Papierfabriken über Mittel und Wege zur Verminderung des Durchscheinens der Schrift bei Normalpapieren hingewiesen, das in den „Mitteilungen" 1903 S. 176—188 veröffentlicht ist und wertvolle Angaben für den Normalpapierfabrikanten enthält.

[1]) Klemm, Das Durchschimmern des Druckes. Klimschs Jahrbuch 1903 S. 199.

Anhang.

Bestimmungen

über

das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier.

Auf das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier, mit Ausnahme des Stempelpapiers, finden die nachstehenden Bestimmungen Anwendung.

§ 1.

Das Papier ist auf der Grundlage von Stoff- und Festigkeitsklassen (s. nachstehend A und B) in Verwendungsklassen (C) eingeteilt.

A. Stoffklassen.

I. Papiere nur aus Hadern (Leinen, Hanf, Baumwolle).

II. Papiere aus Hadern mit höchstens 25 % Zellstoff (aus Holz, Stroh, Esparto, Jute, Manila, Adansonia usw.), jedoch unter Ausschluß von verholzten Fasern.

III. Papiere von beliebiger Stoffzusammensetzung, jedoch unter Ausschluß von verholzten Fasern.

IV. Papiere von beliebiger Stoffzusammensetzung.

Aschengehalt der Papiere aller Stoffklassen beliebig.

B. Festigkeitsklassen.

Klasse	Mittlere Reißlänge in Metern	Mittlere Dehnung in Hundertsteln der ursprünglichen Länge (%)	Zahl der Doppelfalzungen nach Schopper	Verteilung der Anzahl der Doppelfalzungen auf die Falzklassen 0—7.
1	6000	4	190	Falzkl. 0 = 0—2 Doppelfalzungen
2	5000	3,5	190	„ 1 = 3—6 „
3	4000	3	80	„ 2 = 7—19 „
4	3000	2,5	40	„ 3 = 20—39 „
5	2000	2	20	„ 4 = 40—79 „
6	1000	1,5	3	„ 5 = 80—189 „
				„ 6 = 190—999 „
				„ 7 = 1000 und mehr Doppelf.

Bruchlast, Dehnung und Widerstand gegen Falzen (Zahl der Doppelfalzungen) werden bei 65 % relativer Luftfeuchtigkeit ermittelt. Der Berechnung der Reißlänge wird das Gewicht der bei 100 C° getrockneten Probestreifen zugrunde gelegt.

C. Verwendungsklassen.

Klasse	Verwendung	Stoff-klasse	Festigkeits-klasse	Bogen-größe cm	Gewicht für 1000 Bogen kg	Gewicht für 1 Quadrat-meter g
1	**Papier für dauernd aufzubewahrende, besonders wichtige Urkunden**	I	1	33×42	15	—
	Papier zu Kabinettsorders (Quartgröße)	I	1	26,5×42	12	—
2	**Papier zu Urkunden** (s. auch Klasse 1), **Standesamtsregistern, Geschäftsbüchern** u. dgl.					
2a	erste Sorte	I	2	33×42	14	—
2b	zweite Sorte	I	3	33×42	13	—
3	**Aktenpapier für länger als 10 Jahre aufzubewahrende Schriftstücke**					
3a	Kanzleipapier	II	3	33×42	13	—
	Briefpapier (Quartgröße)	II	3	26,5×42	10,4	—
	Briefpapier (Oktavgröße)	II	3	26,5×21	5,2	—
	Schreibmaschinen-Durchschlagpapier	II	3	33×42	7	—
3b	Konzeptpapier	II	4	33×42	13	—
4	**Aktenpapier für Schriftstücke von geringerer Bedeutung u. kürzerer Aufbewahrungsfrist**					
4a	Kanzleipapier	III	Reißlänge 3500 m, Dehnung 2,75%, 40 Doppelfalzungen	33×42	12	—
	Briefpapier (Quartgröße)	III		26,5×42	9,6	—
	Briefpapier (Oktavgröße)	III		26,5×21	4,8	—
4b	Konzeptpapier	III	4	33×42	12	—
5	**Briefumschläge, Packpapier**					
5a	erste Sorte	—	3	—	—	—
5b	zweite Sorte	—	5	—	—	—
	Gewicht d. Briefumschläge 5a und b					
	1. Umschläge bis zur Größe 13×19 cm	—	—	—	—	70
	2. Größere Umschläge und Umschläge für Wertsendungen	—	—	—	—	115
	Gewicht des Packpapiers					
	1. der Klasse 5a . . .	—	—	—	—	130
	2. der Klasse 5b . . .	—	—	—	—	115

Klasse	Verwendung	Stoff-klasse	Festigkeits-klasse	Bogen-größe cm	Gewicht für 1000 Bogen kg	Gewicht für 1 Quadrat-meter g
6	**Schreibpapier zu untergeordneten Zwecken des tägl. Verbrauchs** .	—	nur soweit in einzelnen Fällen erforderlich 5 oder 6	—	—	—
7	**Aktendeckel**					
7 a	für viel gebrauchte oder lange aufzubewahrende Akten	I	Reißlänge 2500 m, Dehnung 3,5%	36×47	81,2	480
7 b	für andere Akten . .	III	Reißlänge 2500 m, Dehnung 2,5%	36×47	42,3	250
8	**Druckpapier**					
8 a	für wichtige, länger als zehn Jahre aufzubewahrende Drucksachen	I	4	—	—	—
8 b	für weniger wichtige Drucksachen	III	4	—	—	—
8 c	zu untergeordn. Zwecken des tägl. Verbrauchs .	—	nur soweit in einzelnen Fällen erforderlich 5 oder 6	—	—	—

Jedes Papier muß eine seinem Verwendungszweck entsprechende Leimfestigkeit besitzen.

Die Bogengröße 33×42 ist auch bei Vordrucken, Büchern usw. vorzugsweise in Anwendung zu bringen. Soweit dies nicht angängig ist, sind die nachstehenden Bogengrößen, in der Regel unter Innehaltung der angegebenen Einheitsgewichte, zu benutzen.

Bogengröße Nr.	Gewichte für 1000 Bogen kg	Gewichte für 1 Quadratmeter g
2 = 34 × 43 cm	14,6	100
3 = 36 × 45 „	16,2	
4 = 38 × 48 „	18,2	
5 = 40 × 50 „	20,0	
6 = 42 × 53 cm	24,5	110
7 = 44 × 56 „	27,1	
8 = 46 × 59 „	29,9	
9 = 48 × 64 „	33,8	
10 = 50 × 65 cm	—	nach Bedarf
11 = 54 × 68 „	—	
12 = 57 × 78 „	—	

Für Schreibpapier der Klassen 1 und 2, das für seinen besonderen Zweck in hohem Maße undurchsichtig sein muß, kann nach Bedarf eine Gewichtserhöhung bis zu 25 % vorgeschrieben werden.

Die Papiere der Klassen 1—4 dürfen sowohl in der Reißlänge und der Dehnung als auch in den Falzzahlen bis zu 10 % nach unten hin von den festgesetzten Werten abweichen.

Gegen die bei den Verwendungsklassen aufgeführten Einheitsgewichte dürfen

a) Schreib und Druckpapiere um 2,5 %,

b) Aktendeckel und Packpapiere um 4 % des Gewichts

nach oben oder unten abweichen. Die Riesumhüllung (das zum Verpacken von 1000 Bogen verwendete Umschlagpapier) wird bei der Gewichtsfeststellung mitgerechnet.

§ 2.

Die Schreibpapiere der Verwendungsklassen 1 bis 4 sind mit einem auf dem Siebe hergestellten Wasserzeichen zu versehen. Das Wasserzeichen muß die Firma des Fabrikanten sowie neben dem Worte „Normal“ das Zeichen der Verwendungsklasse enthalten; die Hinzufügung einer Jahreszahl sowie eines Zeichens zur Kennzeichnung der Fertigung ist zulässig. Die Abkürzung der Firma ist nur insoweit gestattet, als dadurch keine Zweifel über den Ursprung des Papiers hervorgerufen werden können. Das Wasserzeichen muß vollständig, wenn auch unterbrochen, in jedem Bogen vorhanden sein.

§ 3.

Es dürfen nur solche Papiere der Klassen 1 bis 4 zum amtlichen Gebrauche verwendet werden, deren Wasserzeichen bei dem Königlichen Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde eingetragen ist.

Die eingetragenen Wasserzeichen werden im Reichs- und Staatsanzeiger bekannt gemacht; ein Verzeichnis derselben kann unentgeltlich von dem Materialprüfungsamte bezogen werden.

§ 4.

Vor der Erteilung von Lieferungsaufträgen ist, sofern es sich nicht um einmalige Lieferungen geringen Umfanges handelt, von jeder Papiersorte zunächst eine Probe einzufordern, die für die äußere Beschaffenheit (Aussehen, Glätte, Griff usw.) des zu liefernden Papiers maßgebend ist.

Die Prüfung des Papiers nach äußerer Beschaffenheit, sowie nach Gewicht und Bogengröße erfolgt durch die Behörde, der das Papier geliefert ist.

§ 5.

Zur Prüfung auf Stoffzusammensetzung, Festigkeit und Leimung sind sogleich nach erfolgter Lieferung und vor der Ingebrauchnahme des Papiers Proben an das Königliche Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde-West[1]) einzusenden. Das Bedrucken des Papiers mit Kopfaufdruck oder Formularvordruck ist als „Ingebrauchnahme" nicht anzusehen. Soweit jedoch das Papier nicht schon bedruckt geliefert wird, hat die Prüfung vor dem Bedrucken zu erfolgen.

Die Gebühr für die Prüfung einer Papiersorte durch das Materialprüfungsamt beträgt 20 Mk. Ergibt die Prüfung, daß das Papier den Anforderungen genügt, so hat die Behörde, anderenfalls der Lieferant die Prüfungsgebühr zu zahlen.

§ 6.

Die an das Materialprüfungamt einzusendenden Proben müssen aus zehn Bogen Papier, zehn Briefumschlägen oder Aktendeckeln von jeder zu prüfenden Sorte bestehen und einzeln aus verschiedenen Stellen der Lieferung und aus Paketen, die noch nicht geöffnet waren, bei größeren Lieferungen aus mindestens fünf Paketen, entnommen werden; sie sind zwischen steife Deckel zu verpacken und dürfen nur so weit geknifft werden, daß die ungeknifften Flächen mindestens 26,5 × 21 cm groß bleiben.

§ 7.

Das Materialprüfungsamt hat in seinen Prüfungszeugnissen neben der Angabe der Einzelergebnisse der Prüfung zu bescheinigen, ob das Papier die Bedingungen für die Stoffzusammensetzung, Festigkeit und Leimung erfüllt oder nicht erfüllt. Letzterenfalls ist ersichtlich zu machen, inwieweit den Anforderungen nicht genügt ist.

Auf Antrag und gegen Erstattung der Kosten können den Papierfabriken, deren Wasserzeichen eingetragen ist, die Ergebnisse der amtlicherseits veranlaßten Prüfungen ihrer Papiere von dem Materialprüfungsamt mitgeteilt werden.

§ 8.

Papiere, die nach dem Urteile der Behörden (§ 4 Abs. 2) oder nach den Prüfungszeugnissen des Materialprüfungsamtes (§ 7 Abs. 1) den Bedingungen nicht genügen, sind zurückzuweisen.

Hat das Materialprüfungsamt bei den im Auftrage von Behörden vorgenommenen Prüfungen der Erzeugnisse einer Fabrik im Laufe eines Jahres mehrfach grobe Verstöße gegen die Bestimmungen festgestellt, so ist die Fabrik von dem Materialprüfungsamt zu verwarnen.

Als grobe Verstöße gelten Abweichungen gegen die Stoff- und

[1]) Bei Berlin.

Festigkeitsklasse, die bei achtsamer Fabrikation und gewissenhafter Kontrolle der Ware vor Abgang aus der Fabrik hätten erkannt werden müssen.

Bleibt die Verwarnung erfolglos, so kann die Fabrik durch Streichung ihres Wasserzeichens in dem amtlichen Verzeichnisse von ferneren Lieferungen für staatliche Behörden ausgeschlossen werden. Die Entscheidung hierüber erfolgt durch den Minister für Handel und Gewerbe.

Die Löschung des Wasserzeichens wird im Reichs- und Staatsanzeiger bekannt gemacht.

Nach Ablauf von zwei Jahren kann die betreffende Fabrik unter Vorlegung von Proben ihres Papiers bei dem Materialprüfungsamt die Wiedereintragung ihres Wasserzeichens beantragen. Über den Antrag entscheidet auf Grund gutachtlichen Berichts des Materialprüfungsamtes der Minister für Handel und Gewerbe.

§ 9.

Die Behörden dürfen in ihren Lieferungsbestimmungen andere als die bei den Verwendungsklassen angegebenen Grenzwerte für Stoff, Festigkeit und Gewicht des Papiers nicht vorschreiben.

In den Verträgen über Papierlieferungen, bzw. bei mündlicher Erteilung des Lieferungsauftrages ist auszubedingen, daß der Lieferant sich den für ihn aus diesen Bestimmungen folgenden Verpflichtungen zu unterwerfen habe.

Diese Bestimmungen sind jedem Lieferungsvertrage anzuheften und zu dem Zwecke von dem Königlichen Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde auf Verlangen abzugeben.

§ 10.

Die unter dem 17. November 1891 erlassenen Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken treten außer Kraft.

Berlin den 28. Januar 1904.

Königliches Staatsministerium.

(gez.) Graf von Bülow. Schönstedt. Graf von Posadowsky.
von Tirpitz. Studt. Frhr. von Rheinbaben.
von Podbielski. Frhr. von Hammerstein. Möller.
Budde. von Einem.

Dienstanweisung

zur

Ausführung der „Bestimmungen über das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier"

vom 28. Januar 1904.

1.

Zu § 1 Tabelle C. Es ist unzulässig, für den einzelnen Zweck Papier einer geringeren als der dafür bestimmten Klasse zu verwenden.

Dem Minister der öffentlichen Arbeiten bleibt jedoch die Befugnis vorbehalten, für den Geschäftsbereich der Eisenbahnverwaltung, soweit die besonderen Verhältnisse dieser Verwaltung es bedingen, die bei den Verwendungsklassen 3 und 8a angegebenen Zeitgrenzen anderweit festzusetzen, sowie für einzelne Zwecke ausnahmsweise die Verwendung eines geringeren als des dafür vorgeschriebenen Papiers zuzulassen.

2.

Zu § 3 Abs. 1. Die Provinzialbehörden haben von Zeit zu Zeit in geeigneter Weise festzustellen, ob von den nachgeordneten Dienststellen ausschließlich Normalpapier mit eingetragenem Wasserzeichen verwendet wird.

3.

Zu § 5 Abs. 1. a) Alle mit einem Bureau ausgestatteten Dienststellen — einschließlich der einzeln stehenden Beamten (Landräte usw.) — haben ihr Papier der Verwendungsklassen 1—4 und 8a und b, soweit es ihnen nicht aus den geprüften Beständen einer anderen Behörde geliefert wird, selbständig prüfen zu lassen. Indessen sind die Provinzialbehörden ermächtigt, kleinere Behörden und einzeln stehende Beamte, die ihr Papier von demselben Lieferanten beziehen, ohne Rücksicht auf ihre Ressortzugehörigkeit zum Zwecke der Papierprüfung zu Gruppen von 2—4 Teilnehmern zu vereinigen. Das Papier der verschiedenen Teilnehmer ist alsdann in möglichst unregelmäßiger Folge zu prüfen.

Die einzeln stehenden Beamten ohne Bureau haben ihren Papierbedarf durch Vermittelung der vorgesetzten Dienstbehörde zu decken. Die Zusendung des Papiers kann gleichfalls unmittelbar durch den Lieferanten erfolgen und die Prüfung darauf beschränkt werden, daß die auftraggebende Behörde gelegentlich neben dem eigenen Papier oder, wo die jährliche Gesamtbestellung den Wert von 300 Mk. nicht erreicht, an Stelle des eigenen das anderweit gelieferte Papier prüfen läßt. In einzelnen besonderen Ausnahmefällen können jedoch die Provinzialbehörden den einzeln stehenden Beamten ohne Bureau die selbständige Beschaffung ihres Papiers gestatten; in diesen Fällen entfällt der Prüfungszwang.

b) Die Prüfungspflicht der Behörden hängt von dem Umfange der Papierbestellung ab; wenn die jährliche Bestellung den Wert von 300 Mk. erreicht oder übersteigt, hat in jedem Etatsjahre, wenn sie diesen Wert nicht erreicht, im Laufe von zwei Etatsjahren mindestens eine Prüfung stattzufinden.

Inwieweit gelegentliche Prüfungen des Papiers der Verwendungsklasse 5 und 7 und gegebenenfalls der Klassen 6 und 8c vorzunehmen sind, bleibt dem Ermessen der Behörden überlassen.

4.

Zu § 5 Abs. 2. **a)** Die von den Staatsbehörden zu entrichtende ermäßigte Prüfungsgebühr wird auf 16 M. festgesetzt.

b) Es ist unstatthaft, die Prüfungskosten in den Lieferungsverträgen allgemein und ohne Rücksicht auf den Ausfall der Prüfung dem Lieferanten aufzuerlegen. Dagegen kann der Lieferant für den Fall der Lieferung ungenügenden und deshalb von ihm zurückzunehmenden Papiers verpflichtet werden, die Kosten der Prüfung des als Ersatz gelieferten Papiers auch dann zu tragen, wenn dieses Papier den Anforderungen genügt.

5.

Zu § 8 Abs. 1. **a)** Von der Vorschrift, daß ungenügend befundenes Papier zurückzuweisen ist, darf nur ausnahmsweise in besonderen Fällen abgewichen werden. Das Papier ist alsdann für Zwecke derjenigen Klasse zu verwenden, deren Anforderungen es nach dem Ergebnisse der Prüfung entspricht.

b) Ist einer Behörde wiederholt nicht vorschriftsmäßiges Papier derselben Fabrik geliefert worden, so ist sie berechtigt, Papier dieser Fabrik ihrerseits von weiteren Lieferungen auszuschließen. Die Ausschließung hat sich alsdann aber auf sämtliche Erzeugnisse der Fabrik zu erstrecken. Von einer derartigen Ausschließung ist unter näherer Darlegung der Gründe dem Ressortminister Anzeige

zu erstatten, welcher erforderlichenfalls auch die übrigen Verwaltungschefs davon in Kenntnis setzt.

6.

Zu § 8 Abs. 5 und 6. Gründe für die Löschung des Wasserzeichens sind im Reichs- und Staatsanzeiger nicht anzugeben.

Die Löschung oder Wiedereintragung eines Wasserzeichens wird den Behörden auf amtlichem Wege mitgeteilt.

Berlin den 28. Januar 1904.

Königliches Staatsministerium.

Papiernormalien in den deutschen Bundesstaaten.

Dem Beispiele Preußens, die Beschaffung des für die Staatsbehörden erforderlichen Papiers auf feste Grundlagen zu stellen und so für den guten Zustand der Aktenbestände und Archive zu sorgen, sind nunmehr wieder zwei Bundesstaaten gefolgt, nämlich Württemberg und Hessen. Die Überzeugung von dem Werte der Papierprüfungen bricht sich eben immer mehr Bahn. Die hiermit verbundenen, verhältnismäßig geringen Kosten fallen gegenüber der großen Bedeutung, die die Verwendung zweckmäßiger Papiere für uns und unsere Nachkommen hat, gar nicht ins Gewicht.

Die Bestimmungen, die Württemberg und Hessen erlassen haben, schließen sich ganz eng, meist wörtlich, an die preußischen Normalien vom 28. Januar 1904 an, und das ist im Interesse unserer Papierindustrie mit Freude zu begrüßen.

Nachstehende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über die Bundesstaaten, die bis jetzt Normalbestimmungen eingeführt haben, soweit diese öffentlich bekannt geworden sind.

Bundesstaat.	Datum des Erlasses der Normalbestimmungen.	Prüfungsstelle und Stelle für die Anmeldung des Wasserzeichens.
Preußen	28. Januar 1904 [1]	Kgl. Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde-West.
Bayern	28. Dezember 1892 [2]	Amtliche Papierprüfungsstelle der Technischen Hochschule zu München und Bayrisches Gewerbemuseum in Nürnberg.

---

[1]) Frühere Bestimmungen: Grundsätze für amtliche Papierprüfungen, 5. Juli 1886. Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken, 17. Nov. 1891.

[2]) Amtsblatt des Königl. Bayr. Staatsministeriums des Innern 1892 Nr. 50.

Bundesstaat.	Datum des Erlasses der Normalbestimmungen.	Prüfungsstelle und Stelle für die Anmeldung des Wasserzeichens.
Baden	11. Oktober 1897 [3])	Großherzogliche chemisch-technische Prüfungs- u. Versuchsanstalt in Karlsruhe und Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde.
Hessen	17. Januar 1907 [4])	Großherzoglich Hessische Prüfungsanstalt für Papier in Darmstadt. Technische Hochschule.
Württemberg	21. Januar 1907 [5])	Kgl. Zentralstelle für Gewerbe und Handel in Stuttgart

Für Sachsen ist die Einführung von Papiernormalien ebenfalls in Aussicht genommen.

[3]) Gesetzes- und Verordnungsblatt für das Großherzogtum Baden 1897 Nr. 21.

[4]) Großherzoglich hessisches Regierungsblatt 1907 Nr. 7.

[5]) Regierungsblatt für das Königreich Württemberg Nr. 5 vom 9. II. 07.

Liste der Papierfabriken,

die ihr Wasserzeichen beim Materialprüfungsamte zu Groß-Lichterfelde angemeldet haben.

(Vgl. § 3 der „Bestimmungen" S. 197.)

Firma	Wortlaut des Wasserzeichens (abgesehen von dem Worte „Normal" und dem Klassenzeichen).
Aktien-Papierfabrik Regensburg in Regensburg	Aktienpapierfabrik Regensburg.
Carl Beckh Söhne in Faurndau (Württemberg) .	Beckh Söhne Faurndau.
Bohnenberger & Cie., Niefern bei Pforzheim . .	Bohnenberger & Cie. Niefern.
Brückner & Co. in Calbe (Saale)	Brückner & Co. Calbe a. S.
Gebr. Buhl in Ettlingen (Baden)	Gebrüder Buhl Ettlingen.
Chemnitzer Papierfabrik in Einsiedel (Chemnitz)	Papierfabrik Einsiedel.
Cröllwitzer Aktien-Papierfabrik in Cröllwitz bei Halle a. S.	Papierfabrik Croellwitz.
Dalbker Papierfabrik Max Dresel in Dalbke . .	Dalbker Papierfabrik.
Oskar Dietrich in Weißenfels (Saale)	Oscar Dietrich Weißenfels a. S.
Dresdener Papierfabrik in Dresden-A.	Dresdener Papierfabrik.
Georg Drewsen in Lachendorf bei Celle	G. Drewsen Lachendorf.
Gebr. Ebart in Spechthausen bei Eberswalde .	Gebr. Ebart Spechthausen.
Friedr. Wilh. Ebbinghaus in Letmathe	F. W. Ebbinghaus Letmathe.
Eichberger Papierfabrik (A. v. Decker) in Eichberg bei Schildau (Bober)	Eichberger Papierfabrik.
J. H. Eppen in Winsen (Luhe)	J. H. Eppen Winsen.
Ferd. Flinsch in Berlin	Flinsch Blankenberg.
Ferd. Flinsch in Freiburg (Breisgau)	Ferdinand Flinsch Freiburg.
Freiberger Papierfabrik in Weißenborn (Erzgebirge)	Papierfabrik Weißenborn.
Carl P. Fues in Hanau a. M.	Carl P. Fues Hanau.
Heinrich Goßler in Frankeneck bei Neustadt (Haardt)	H. Goßler Frankeneck.
J. J. Goßler in Frankeneck bei Lambrecht (Pfalz)	J. J. Goßler Frankeneck.
G. F. Halbrock in Hillegosen bei Bielefeld . . .	G. F. Halbrock Hillegosen.
Hannoversche Papierfabriken Alfeld-Gronau vorm. Gebr. Woge in Alfeld (Leine)	Alfeld-Gronau.
Emil Hösch in Düren (Rheinland)	Emil Hoesch Düren.
Hugo Hösch in Königstein (Sachsen)	Hugo Hoesch Koenigstein i. S.
Gebr. Hoffsümmer in Düren (Rheinland)	Gebr. Hoffsümmer Düren.
Illigsche Papierfabrik in Eberstadt (Darmstadt)	Illig Papierfabrik Eberstadt.
Knöckel, Schmidt & Co. in Neustadt (Haardt) .	Knöckel, Schmidt & Cie. Neustadt a. H.
J. Krauß Erben in Pfullingen (Württemberg) .	Krauß Pfullingen.
Gebrüder Laiblin in Pfullingen (Württemberg) .	Gebrüder Laiblin Pfullingen.

Firma	Wortlaut des Wasserzeichens (abgesehen von dem Worte „Normal" und dem Klassenzeichen).
Mahla & Gräser in Remse (Sachsen)	Mahla & Graeser Remse.
Marggraff & Engel in Wolfswinkel bei Eberswalde	Marggraff Wolfswinkel.
Maschinenpapierfabrik Hoffmann & Engelmann in Neustadt (Haardt)	Hoffmann & Engelmann Neustadt Haardt.
Müller & Schimpf in Gengenbach (Baden)	Müller&SchimpfGengenbach.
München-Dachauer A.-G. für Maschinenpapierfabrikation in München	München-Dachau.
Neußer Papier- und Pergamentpapierfabrik A. G. in Neuß	Neußer Papierfabrik.
Nossener Papierfabriken vorm. Roßberg & Co. in Nossen (Sachsen)	Nossener Papierfabriken.
Papierfabrik am Baum (C. Roser) in Miesbach (Oberbayern)	Papierfabrik am Baum Miesbach.
Papierfabrik Gauting von Dr. Haerlin in Gauting bei München	Papierfabrik Gauting.
Papierfabrik Köslin A. G. in Köslin (Pommern)	Coeslin.
Papierfabrik Louisenthal C. Haug & Cie. in Louisenthal, Post Gmund (am Tegernsee)	C. Haug & Cie. Louisenthal.
Papierfabrik Napoleonsinsel, Zuber, Rieder & Cie. in Rixheim (Elsaß)	Papierfabrik Rixheim.
Papierfabrik Sacrau G. m. b. H. in Breslau	Papierfabrik Sacrau.
Papierfabrik Salach-Süßen in Salach (Post Süßen)	Papierfabrik Salach-Süßen.
Papierfabrik Treuenbrietzen vorm. Wilhelm Seebald & Comp. G. m. b. H. in Treuenbrietzen (Mark Brandenburg)	Seebald Treuenbrietzen.
Papierfabrik in Unterkochen (Württemberg)	Papierfabrik Unterkochen.
Papierfabrik Weißenstein, Haas & Co. in Weißenstein (Baden)	Papierfabrik Weißenstein.
Papierfabrik Wolfegg A. G. in Wolfegg (Württemberg)	Papierfabrik Wolfegg.
Papierfabrik zum Bruderhaus in Dettingen bei Urach (Württemberg)	Papierfabrik zum Bruderhaus, Dettingen bei Urach.
Papier- und Papierstoffabrik in Niederkaufungen (Bez. Cassel)	Papierfabrik Niederkaufungen.
Patent-Papier-Fabrik in Hohenofen bei Neustadt (Dosse)	Patent-Papier-Fabrik Hohenofen.
Patentpapierfabrik in Penig (Sachsen)	Penig.
Poensgen & Co. in Berg. Gladbach	Papierfabrik Kieppemühle.
Pommersche Papierfabrik in Hohenkrug Post Mühlenbeck (Pommern)	Hohenkrug.
Rathsdamnitzer Cellulose- und Papierfabriken A. G. vorm. C. F. Meißner & Sohn in Rathsdamnitz	Papierfabrik Raths-Damnitz.
Gebr. Rauch in Heilbronn a. N.	Gebrüder Rauch Heilbronn oder Rauch Heilbronn.
Rheinische Aktien-Gesellschaft für Papierfabrikation in Neuß	Rhein. Papierfabrik Neuß.
Sebnitzer Papierfabrik A.-G. in Sebnitz (Sachsen)	Sebnitzer Papierfabrik.
Sieler & Vogel, Inh. der Schröderschen Papierfabrik in Golzern (Sachsen)	Sieler & Vogel Papierfabrik Golzern.

Firma	Wortlaut des Wasserzeichens (abgesehen von dem Worte „Normal“ und dem Klassenzeichen).
Simoniussche Cellulosefabriken A. G. Papierfabrik Fockendorf in Fockendorf	Fockendorf Simonins.
J. P. Sonntag in Emmendingen (Baden)	J. P. Sonntag Emmendingen.
Gustav Schaeuffelensche Papierfabrik in Heilbronn a. N.	Gustav Schaeuffelen Heilbronn.
H. A. Schöller Söhne in Düren (Rheinland) . .	H. A. Schoeller Soehne Düren.
Felix Schöller & Bausch in Neu-Kaliß (Mecklenburg)	Schoeller & Bausch Neu-Kaliß.
Felix Schöller Söhne & Co. in Offingen a. D. . .	Felix Schoeller Söhne & Co. Offingen a. D.
Felix Schöller jr. in Burg Gretesch bei Osnabrück	F. Schoeller jr. Gretesch oder Schoeller Gretesch.
Felix Heinr. Schöller in Düren (Rheinland) . .	Papierfabrik Walzmühle bei Düren oder Felix Heinr. Schoeller Düren.
Gräflich v. d. Schulenburg-Wolfsburgsche Papierfabrik-Verwaltung in Neumühle bei Rohrberg .	Papierfabrik Neumühle.
L. Schwindenhammer in Türkheim (Elsaß) . . .	L. Schwindenhammer Türkheim i. E.
Louis Staffel in Witzenhausen	Louis Staffel Oberschmitten oder L. Staffel Witzenhausen.
Paul Steinbock in Frankfurt (Oder)	Paul Steinbock Frankfurt a.O.
Gebr. Stettner in Düren (Rheinland)	Gebr. Stettner Düren.
Thodesche Papierfabrik A. G. in Hainsberg (Sachsen)	Thode Hainsberg.
Varziner Papierfabrik Hammermühle R. B. Köslin	Varzin.
Vereinigte Bautzner Papierfabriken in Bautzen .	Bautzner Papierfabriken.
Jul. Vorster in Stennert bei Hagen (Westfalen)	Jul. Vorster Stennert.
Wintersche Papierfabriken in Wertheim bei Hameln	Wintersche Papierfabriken Hameln.
Wintersche Papierfabriken in Altkloster bei Buxtehude	Wintersche Papierfabriken Altkloster.
Wiede's Papierfabrik Rosenthal in Rosenthal (Reuß)	Wiedes Papierfabrik Rosenthal.
Wiede & Söhne in Trebsen (Mulde)	Wiede & Söhne Trebsen.
J. W. Zanders in Berg. Gladbach	Papierfabrik Schnabelsmühle B. Gladbach oder J. W. Zanders B. Gladbach.
Jul. Vorster, Papierfabrik, G. m. b. H. in Hagen i. W.	Jul. Vorster Ges. m. b. H. Hagen W.

Auszug aus den Vorschriften für die Benutzung des Königlichen Materialprüfungsamtes zu Groß-Lichterfelde.

Gebührenordnung.

Gegenstand der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag[1] Mk
	Papierprüfung.			
Festigkeit . .	Prüfung der Festigkeit und Dehnung nach 2 Richtungen in je 5 Versuchen	10	**300**	10
Falzen	Prüfung auf Widerstand gegen Falzen (ausgeführt mit Schoppers Falzer) .	—	**301**	2
Aschengehalt .	Bestimmung des Aschengehaltes in Prozenten	—	**302**	3
	Desgleichen mit Prüfung der qualitativen Zusammensetzung der Asche	—	**303**	10
	Desgleichen mit Prüfung der quantitativen Zusammensetzung der Asche	—	**304**	50
Dicke und **Gewicht** . . .	Messung der Papierdicke und Bestimmung des Gewichtes für das Quadratmeter	—	**305**	2
Holzschliff . .	Untersuchung auf das Vorhandensein verholzter Fasern	—	**306**	1
	Desgleichen mit Bestimmung der Art der verholzten Fasern . . .	—	**307**	2
	Schätzung der Menge d. Holzschliffes	—	**308**	5
Faserarten . .	Mikroskopische Feststellung der im Papier enthaltenen Faserarten	—	**309**	5
	Desgleichen mit Schätzung des Mengenverhältnisses der einzelnen Faserarten	—	**310**	10
Chemische Zusammensetzung	Chemische Untersuchung des Papiers auf Farbstoff, Leimung, Gehalt an freier Säure, Chlor usw., je nach dem Umfange der verlangten Untersuchung	—	**311**	5—50
	Desgleichen, quantitativ	—	**312**	10 bis 100
Vollständige Untersuchung	Die vollständige Untersuchung eines Papiers auf Festigkeit, Dehnung, Widerstand gegen Falzen, Bestimmung des Aschengehaltes, mikroskopische Untersuchung und Leimfestigkeit	—	**313**	20

[1]) Die Beträge gelten für die Prüfung eines Papiers. Bei Prüfungen für Ausländer werden die Gebühren um 50% erhöht. Außer den Gebührenbeträgen sind zu zahlen 1.50 ℳ für Stempel und ferner die Auslagen für Schreibhilfe und Postbestellgeld. — Ausländische Antragsteller tun gut, gleichzeitig bei Stellung des Antrages einen genügenden Kostenvorschuß einzusenden, damit nicht durch die Einforderung der Gebühren die Erledigung der Prüfung verzögert wird. Verrechnung erfolgt bei Übersendung des Prüfungszeugnisses.

Gegenstand der Versuche	Versuchsausführung.	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag[1]) Mk.
	Stoffprüfung.[2])			
Festigkeit . .	Prüfung der Festigkeit und Dehnung von Zeugstoffen nach Kette und Schuß in je 3 Versuchen	6	**314**	12
	Prüfung von Fäden auf Zugfestigkeit und Dehnung in 10 Versuchen, mit Bestimmung der Feinheitsnummer und Drehungszahl	10	**315**	10
Aschengehalt .	Bestimmung des Aschengehaltes . . .	—	**316**	3
Faserart . . .	Bestimmung der Faserart in Kette und Schuß	—	**317**	5
Fadenzahl . .	Bestimmung der Fadenzahl auf 1 cm in Schuß- und Kettenrichtung	—	**318**	2
Fadenstellung	Bestimmung der Fadenstellung . . .	—	**319**	2
Schlichte, Farbe, Wasserdurchlässigkeit usw.	Untersuchung des Stoffes auf Schlichte, Stärke, Farbe, Wasserdurchlässigkeit usw., je nach dem Umfange der gewünschten Prüfung	—	**320**	3—50
Vollständige Untersuchung	Die vollständige Untersuchung eines Stoffes nach den Ansätzen 314, 316 bis 319	—	**321**	20
	Desgleichen einschließlich der Untersuchung der Schuß- und Kettenfäden in je 5 Versuchen nach Ansatz 315	—	**322**	26

Probematerial.

Für Papierprüfungen, welche auch die Ansätze 300 und 301 umfassen, sind 10 Bogen jeder Sorte, zwischen steifen Deckeln verpackt (nicht gerollt), einzusenden. Bei Prüfungen nach den übrigen Ansätzen genügt weniger Material in beliebiger Verpackung.

Bei Einreichung des Antrages sind die Ansatznummern (300—313) anzugeben, nach denen geprüft werden soll.

Auszug aus den Vorschriften für Frachtbriefpapiere.

(Reichs-Eisenbahnamt. 13. Oktober 1892.)

Zu den Frachtbriefen ist Normalpapier 4a mit vorschriftsmäßigem Wasserzeichen zu verwenden (vgl. S. 195). Die Farbe des Papiers muß entschieden weiß sein und das Gewicht bei der für Frachtbriefe durch die Verkehrsordnung

[1]) Die Beträge gelten für die Prüfung eines Stoffes. Bei Prüfungen für Ausländer werden die Gebühren um 50 % erhöht. Außer den Gebührenbeträgen sind zu zahlen 1.50 ℳ für Stempel und ferner die Auslagen für Schreibhilfe und Postbestellgeld.

[2]) Die Gebührenordnung für textiltechnische Prüfungen ist mit aufgeführt, weil diese Prüfungen ebenfalls in der Abteilung für papiertechnische Untersuchungen ausgeführt werden.

vorgeschriebenen Bogengröße von 76×60 cm für je 1000 Bogen (4000 Frachtbriefe) 39 kg betragen. Eine Abweichung von diesem Einheitsgewicht um 2,5% nach oben und unten ist gestattet. Bei der Gewichtsfeststellung wird die Riesumhüllung (das zum Verpacken von 1000 Bogen verwendete Umschlagpapier) mit gewogen.

Fabrikanten, die Frachtbriefpapier herstellen, haben ihr Wasserzeichen bei einer mit der Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken in einem Bundesstaat beauftragten Behörde anzumelden. Die Prüfung, ob das Frachtbriefpapier den vorbezeichneten Bedingungen entspricht, erfolgt nach Maßgabe der bei diesen Behörden bestehenden Vorschriften.

Auszug aus den Vorschriften für Quittungskarten-Karton.

(Gesetz betreffend Invaliditäts- und Altersversicherung vom 22. Juni 1889.)[1]

Der Karton muß aus Zellstoff, Leinen und Baumwolle hergestellt sein. Der Zellstoffgehalt darf nicht mehr als 50% betragen. Der Gehalt an Leinen muß mindestens 5% größer sein als der Baumwollgehalt. Der Aschengehalt darf 4% nicht übersteigen. Der Karton muß mit Eisenoxyd und Bleichromat nach niedergelegtem Muster gelb gefärbt sein und ein Quadratmetergewicht von 272—288 g aufweisen.

Die mittlere Reißlänge muß 4500 m, die mittlere Dehnung 4% betragen.

(Bekanntmachungen des Reichskanzlers vom 13. Juli 1893, 8. Juni 1898 und 29. Juni 1906.)

Die für die Selbstversicherung vom Bundesrat vorgeschriebenen besonderen Quittungskarten (Formular B) müssen in Stoff und Format den vorstehenden Bedingungen ebenfalls entsprechen, aber nach niedergelegtem Muster grau gefärbt sein.

Die graue Färbung ist durch Zuteilen von naturblauer Lumpenfaser zum Stoff und Abtönen mit Miloriblau und Chromgelb herzustellen.

(4. Januar 1900.)

Auszug aus den Vorschriften über die Herstellung von Beitragsmarken zur Invaliditätsversicherung.

(13. November 1899.)

Zum Druck sämtlicher Beitragsmarken ist reines Lumpenpapier zu verwenden, welches fein gemahlen, in der Durchsicht gleichmäßig sein und eine Reißlänge von wenigstens 3000 m, eine Dehnung von mindestens 1,9% und einen Aschengehalt von höchstens 12% haben muß.

Das Markenpapier ist mit einem unsichtbaren Aufdruck zu versehen, der die Möglichkeit gewährt, die Echtheit der Marken jederzeit zu prüfen. Die Verwendung eines Wasserzeichens an Stelle des Aufdruckes bedarf der besonderen Genehmigung des Reichs-Versicherungsamtes.

Auszug aus den Vorschriften für das Papier zu Standesregistern und Registerauszügen.

(Ministerium des Innern. 2. April 1892.)

Das Papier für die
Standesregister muß der Stoffklasse I, Festigkeitskl. 2 (Verwendungskl. 2a),
Registerauszüge „ „ „ I, „ 3 („ 2b)
angehören.

[1]) Reichsgesetzblatt 1889 S. 97.

Auszug aus den Vorschriften für Postkarten- und Postanweisungskarton.

(Reichsdruckerei 1903.)

Beliebige Stoffzusammensetzung mit Ausschluß von verholzten Fasern Aschengehalt höchstens 10%. Mittlere Reißlänge mindestens 3000 m, Dehnung mindestens 2,5%. Besonderer Wert wird auf gute Leimfestigkeit und Kopierfähigkeit gelegt. Färbung lichtecht nach Muster.

Auszug aus den Vorschriften für Postpaketadressenkarton.

(Reichsdruckerei 1906.)

Beliebige Stoffzusammensetzung. Aschengehalt höchstens 15%. Mittlere Reißlänge 2500 m, Dehnung 2%.

Besonderer Wert wird auf gute Leimfestigkeit gelegt. Färbung lichtecht nach Muster. Der zum Färben benützte Farbstoff darf sich bei Einwirkung verdünnter Mineralsäuren nicht wesentlich verändern.

Auszug aus den Vorschriften für Papier zu Fernsprechkabeln.

(Reichs-Postamt 1906.)

Das Papier muß trocken, gleichmäßig in der Dicke, langfaserig und frei von Metallteilchen oder anderen Stoffen sein, die auf die Leiter oder den Bleimantel zersetzend einwirken können. Mittlere Reißlänge 4000 m, Dehnung 2%.

Ausbildung im Papierprüfen.

Zur Ausbildung im Papierprüfen nimmt das Materialprüfungsamt Volontäre auf. Bestimmte Anforderungen an deren Vorbildung werden nicht gestellt. Bewerber müssen dem Aufnahmegesuch Lebenslauf und Abschriften der in ihrem Besitz befindlichen Zeugnisse beifügen; daraufhin erfolgt die Entscheidung über die Aufnahme. Erwünscht ist voraufgegangene Praxis in der Papierfabrikation.

Die Ausbildung nimmt drei Monate in Anspruch und kostet für Reichsdeutsche 150 ℳ, für Ausländer 300 ℳ.

Gegenstand des Unterrichtes bilden in erster Linie die gesamten Papierprüfungsverfahren; hierbei wird auf die Ausbildung im Mikroskopieren besonderes Gewicht gelegt. In zweiter Linie erfolgt die Unterweisung im Prüfen der wichtigsten Rohstoffe für die Papierfabrikation. In der zweiten Hälfte der Ausbildungszeit können die Volontäre auf Wunsch auch Fragen bearbeiten, die für sie besonderes Interesse haben.

Die bisher gemachten Erfahrungen haben gezeigt, daß die Teilnahme an diesen Ausbildungskursen für das spätere Fortkommen der Teilnehmer meist von Wert gewesen ist, so daß allen jungen Papiermachern dringend anzuraten ist, von dieser im Interesse der Papierindustrie geschaffenen Einrichtung Gebrauch zu machen. Frühzeitige Anmeldung empfiehlt sich, da nur eine beschränkte Anzahl von Plätzen zur Verfügung steht.

Zur Ausführung amtlicher Prüfungen, wie vielfach angenommen wird, dürfen die Volontäre nicht herangezogen werden; die ganze Zeit, welche sie im Amt zubringen, wird ausschließlich auf ihre Ausbildung verwendet.

Literatur.[1])

Behrens, Anleitung zur mikrochemischen Analyse, Hamburg 1896.
Beveridge, Papermakers' Pocket Book, London 1901.
Clapperton, Practical Paper Making, London 1894.
Cross & Bevan, Cellulose, London 1895.
Cross & Bevan, Researches on Cellulose I und II, London 1895—1905.
Erdmann-König, Waarenkunde, Leipzig 1895.
Exner, Untersuchungen der Eigenschaften des Papiers, Wien 1864.
Griffin & Little, The Chemistry of Paper Making, New York 1894.
Groß, An Essay of Paper-Testing, London 1903.
Hanausek, Lehrbuch der technischen Mikroskopie, Stuttgart 1901.
Herzberg-Marteau, Analyse et Essais des Papiers, Paris 1894.
Herzberg, Il Saggio delle Carte. Übersetzt und herausgegeben vom Königl. Ital. Handelsministerium in Rom, 1897.
Hofmann, Handbuch der Papierfabrikation, Berlin 1891.
Hofmann, Normalpapier, Berlin 1892.
v. Höhnel, Die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe, II. Aufl. Wien 1896.
v. Hoyer, Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung, München 1882.
v. Hoyer, Die Fabrikation des Papiers, Braunschweig 1887.
v. Hoyer, Über die Entstehung und Bedeutung der Papiernormalien, sowie deren Einfluß auf die Fabrikation, München 1888.
Kirchner, Das Papier, Biberach.
Klemm, Papier-Industrie-Kalender, Leipzig.
Klemm, Handbuch der Papierkunde, Leipzig 1904.
Lohnes, Papier-Kalender, Dresden.
Lunge, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 3. Band, Berlin 1906, Artikel „Papier" von W. Herzberg.
Mierzinski, Handbuch der praktischen Papierfabrikation, Wien 1886.
Müller, Qualitative und quantitative Bestimmung des Holzschliffes im Papier, Berlin 1887.
Müller-Haußner, Die Herstellung und Prüfung des Papiers, Berlin 1905.
Muspratt's Chemie, 6. Band, Braunschweig 1898, Artikel „Papierprüfung" von Dr. Klemm.
Muth, Jahrbuch der Papierindustrie, Leipzig 1890.
Rejtö, Anleitung für Private zur Durchführung der Papierprüfung, Budapest 1893.

[1]) Selbständige Werke, die sich in mehr oder minder umfangreichem Maße mit der Papierprüfung befassen.

Rossel, Papiere und Papierprüfung mit Berücksichtigung der in der Schweiz verwendeten Schreib- und Druckpapiere, Biel 1895.

L. Rostaing, M. Rostaing et Fleury Percie du Sert, Végétaux propres à la fabrication de la Cellulose et du Papier, Paris 1899.

Schacht, Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe, Berlin 1853.

Sindall, Paper Technology, London 1906.

Valenta, Das Papier, Halle 1904.

Vétillart, Études sur les fibres végétales textiles, Paris 1876.

Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, 8. Lieferung, Leipzig 1902, Artikel: Papierfasern.

Wiesner, Einleitung in die Technische Mikroskopie, Wien 1867.

Wiesner, Die mikroskopische Untersuchung des Papiers, Wien 1887.

Wiesner, Mikroskopische Untersuchung alter ostturkestanischer und anderer asiatischer Papiere, Wien 1902.

Winkler, Der Papierkenner, Leipzig 1887.

Winkler, Die Trockengehaltsbestimmung der Papierfaserstoffe (Ermittelung des Wassergehaltes), Leipzig 1892.

Winkler-Karstens, Papier-Untersuchung, Leipzig 1902.

Wurster, Collage et Nature du Papier, Paris 1901.



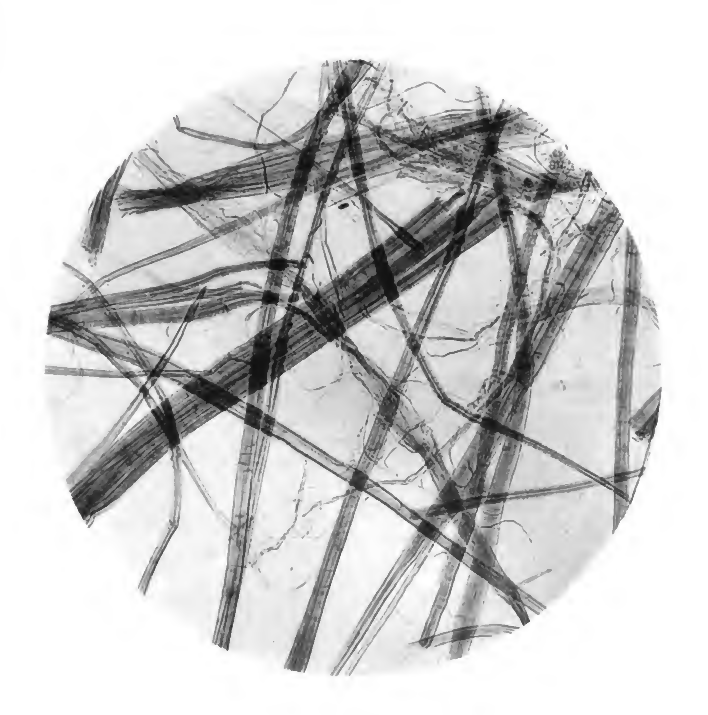
Weißer Holzschliff von Nadelholz.

Verlag von Julius Springer in Berlin.



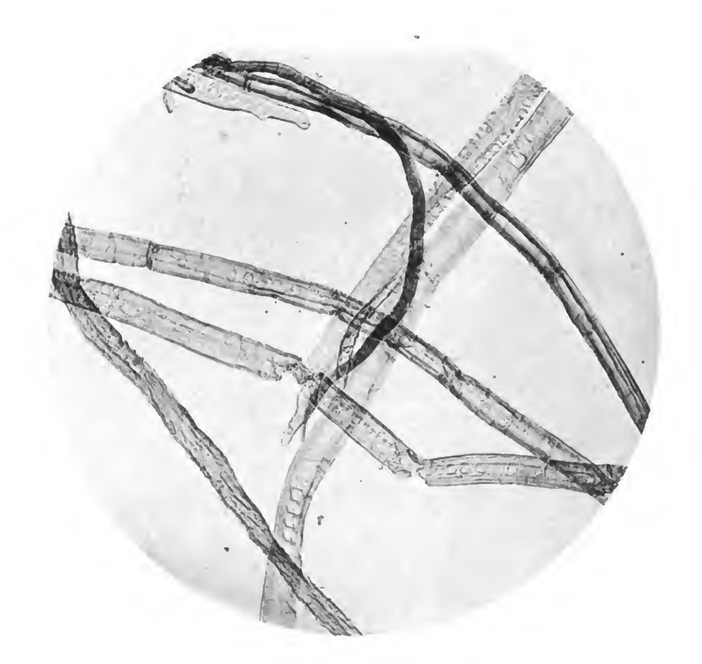
Braunschliff von Nadelholz.

Verlag von Julius Springer in Berlin.



Jute.

Verlag von Julius Springer in Berlin.



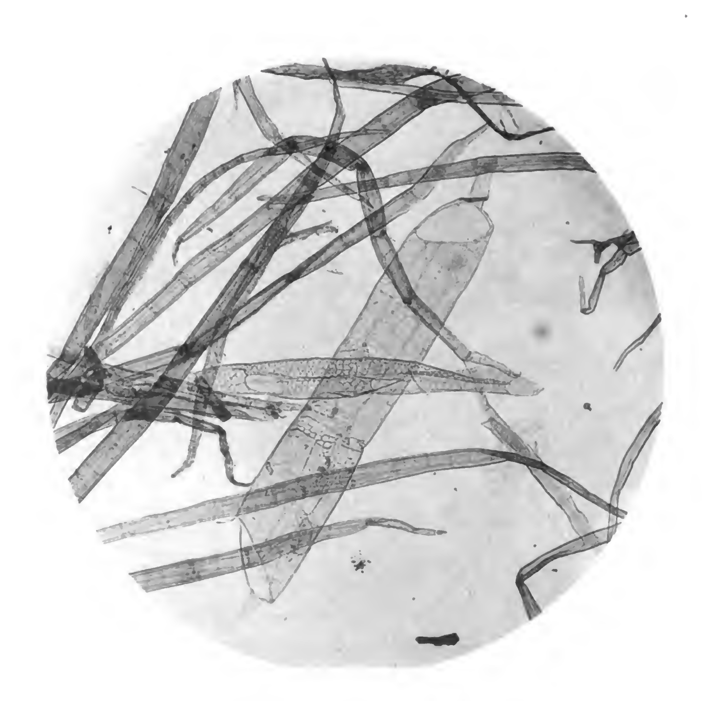
Nadelholzzellstoff.

Verlag von Julius Springer in Berlin.



Birkenholzzellstoff.

Verlag von Julius Springer in Berlin.



Pappelholzzellstoff.

Verlag von Julius Springer in Berlin.



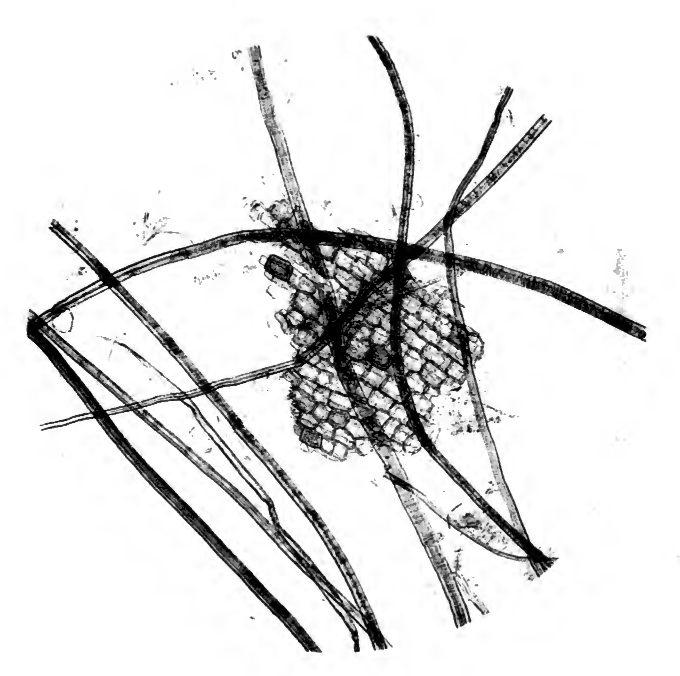
Strohzellstoff.

Verlag von Julius Springer in Berlin.



Alfa-(Esparto-)Zellstoff.

Verlag von Julius Springer in Berlin.



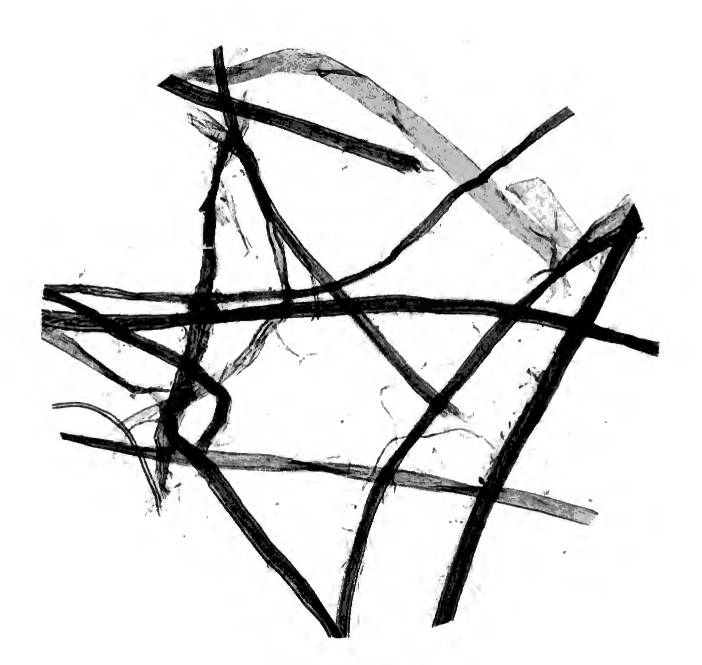
Manila.

Verlag von Julius Springer in Berlin.



Adansonia.

Verlag von Julius Springer in Berlin



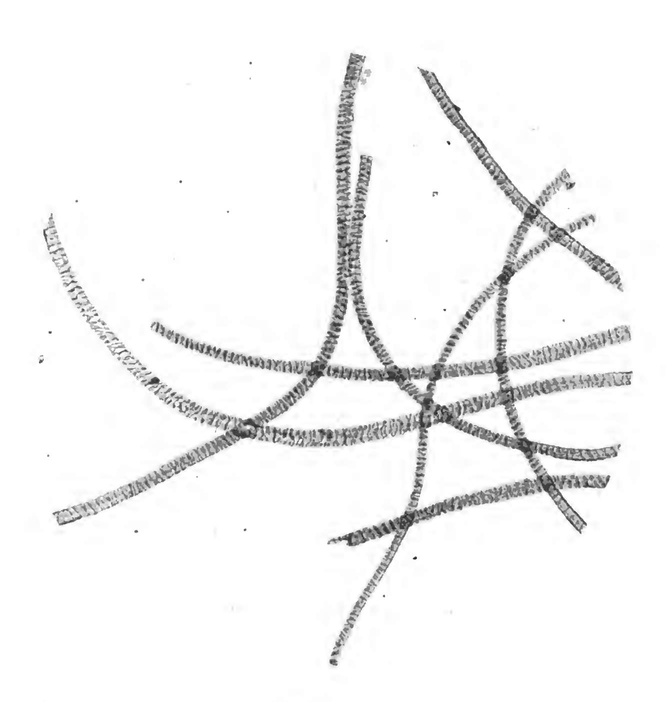
Baumwolle.

Verlag von Julius Springer in Berlin



Leinen.

Verlag von Julius Springer in Berlin



Wolle.

Verlag von Julius Springer in Berlin.



Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W.

Färbung der Fasern in Jod-Jodkaliumlösung.

Leinen, Baumwolle	braun
Holz- und Strohzellstoff	grau
Holzschliff	gelbbraun

Verlag von Julius Springer in Berlin



Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W.

Färbung der Fasern in Chlorzinkjodlösung.

Leinen, Baumwolle	weinrot
Holz- und Strohzellstoff . . .	violett
Holzschliff	gelb

Verlag von Julius Springer in Berlin.

pi;ern.



Nr. 4. Urkundenpapier at



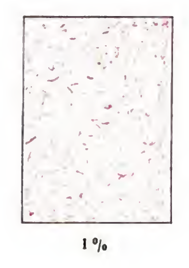
Nr. 9. Lö

Phloroglucinreaction

bei Papieren mit geringem Holzschliffgehalt.



0,5 %



1 %



2 %



2,5 %



3 %



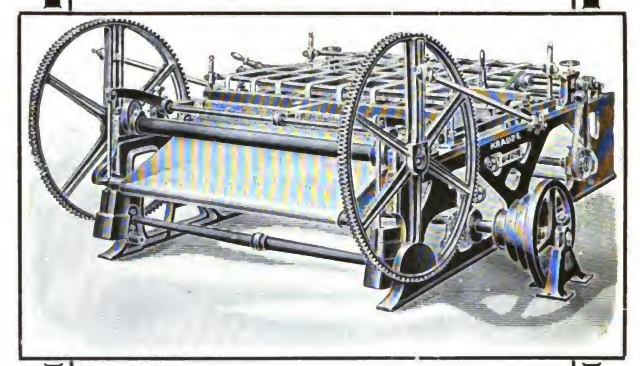
5 %

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Papier-Bearbeitungsmaschinen

baut seit 1855 als alleinige **Spezialität** und empfiehlt für

Papierfabriken



- Bogen-Calander
- Calander
- Diagonalschneidemaschin.
- Doppelte Dreischneider
- Dreiseitige Beschneidemaschinen
- Falzmaschinen
- Frictions-Calander
- Glätt- und Packpressen
- Hydrauliche Pressen
- Längs-, Quer- u. Diagonal-Schneidemaschinen
- Längs- und Querschneider
- Papier-Schneidemaschinen
- Planschneider
- Querschneider
- Querschneider für Papiere mit Wasserzeichen
- Rollen-Calander
- Satinier-Walzwerke
- Wasserzeichenpapier-Querschneider
- Walzwerke zur Herstellung von Wasserzeichen

Karl Krause, Leipzig.

Berlin SW. 48, Friedrichstr. 16. **Paris,** 44 rue des Vinaigriers.

Neue Verwendungen des Zerfaserers:

Zum Bleichen von Halbstoffen.

Das Bleichen im Zerfaserer gestattet **kalt** zu bleichen, wobei die **Faser sehr geschont** wird, obwohl eine große **Ersparnis an Chlorkalk** stattfindet und die Scheben gut durchgebleicht werden.

Zum Waschen der Lumpen im Gegenstrom.

Der Halbstoffholländer ist ein sehr günstiger Apparat zum Zerfasern, aber ein schlechter zum **Waschen.** Da fortwährend frisches Wasser in das schmutzige Wasser zuläuft, so wird ein Vielfaches des Wassers gebraucht wie beim methodischen Waschen im **Gegenstrom.** Es findet auch hier die

Knetwirkung

statt, die bei den andern Lumpenwaschmaschinen fehlt und den Schmutz aus dem Gewebe herausknetet.

Zum Mahlen

von Schleifspähnen, von braunem u. weißem Holzschliff.

Die Abfälle der Holzschleifapparate sowohl Weißschliff als Braunschliff werden nun im Zerfaserer tadellos zerfasert. Die Schleifspähne, die jetzt weggeworfen oder verbrannt werden, geben ein für Papier und Pappen brauchbares Produkt.

Dr. C. Wursters **Reagentien auf Holzschliff**, sowie **Reagentien für Oxydation und Reduktion** zum Nachweis von Spuren von Chlor und schwefliger Säure zu beziehen durch Dr. Schuchardts chem. Fabrik, Görlitz.

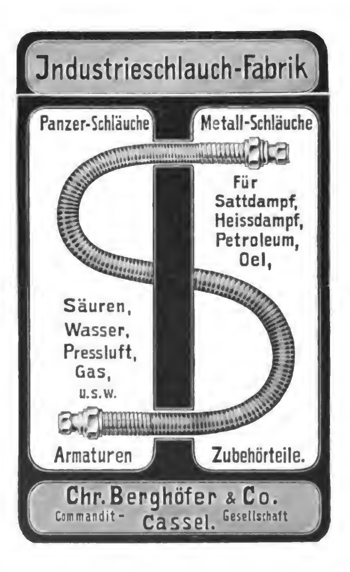
Kleine Hygrometer, Luftfeuchtigkeitsmesser unter dem Namen Dr. C. Wursters Kleiderhygrometer oder **Taschenhygrometer**, zu beziehen von W. Lambrecht, Göttingen.

Dr. C. Wurster, **Die Leimung des Papiers**

nur in französischer Sprache (Le collage et la nature du papier).

Verlag von Friedländer & Sohn, Berlin, Karlstrasse.





Industrieschlauch-Fabrik
Panzer-Schläuche
Metall-Schläuche
Für
Sattdampf,
Heissdampf,
Petroleum,
Oel,
Säuren,
Wasser,
Pressluft,
Gas,
u.s.w.
Armaturen
Zubehörteile.
Chr. Berghöfer & Co.
Commandit-Gesellschaft
Cassel.



Tillmann Schneider

Leimfabrik SIEGEN i. W.

Spezialität:

Lederleim für Papierfabrikation und Papierverarbeitung.

Prämiiert auf allen beschickten Ausstellungen.



